



Universität Bremen

Fachbereich Wirtschaftswissenschaft | FB7

Schriftenreihe des
Lehrstuhls für
Logistikmanagement

Nr. 3
Jahrgang 2019

Kotzab, H. (Hrsg.)

**Traffic Management ein ITS-Konzept für den
Straßengüterverkehr**

Albers, Marie-Sophie; Marquardt, Tobias; Robben, Jakob; Steenholdt, Lene

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
1.1 Problemhintergrund und Forschungsfrage	1
1.2 Gang der Argumentation	2
2 Theoretischer Hintergrund	4
2.1 Intelligent Transport Systems (ITS)	4
2.2 City-Logistik.....	6
2.3 Traffic Management	9
3 Methodisches Vorgehen.....	12
3.1 Literaturrecherche.....	12
3.2 Nominal Group Technique	12
4 Ergebnisse	16
4.1 Traffic Management Konzepte	16
4.1.1 Verkehrsleitung	16
4.1.2 Verkehrsvermeidung	21
4.2 Ergebnisse der Nominal Group Technique.....	23
5 City-Logistik-Konzepte und Stakeholder.....	25
5.1 Gegenüberstellung der City-Logistik-Konzepte.....	25
5.2 Auswirkungen der City-Logistik-Konzepte auf Ziele der Stakeholder.....	26
5.3 Implikationen für die Wahl von City-Logistik-Konzepten	28
6 Schlussbetrachtung.....	31
Literaturverzeichnis.....	A

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteil der in Städten lebenden Bevölkerung in Deutschland und weltweit von 1950 bis 2010 und Prognose bis 2030 (eigene Darstellung, vgl. UN DESA, 2014, o.S.)	1
Abbildung 2: Zusammenhang der drei Themenbereiche des theoretischen Hintergrunds (eigene Darstellung)	3
Abbildung 3: Segmente des Innerstädtischen Straßenverkehrs (eigene Darstellung vgl. Oexler, 2001, S. 19)	7
Abbildung 4: Zielsystem der City-Logistik (eigene Darstellung vgl. Meimbresse und Sonntag, 2008, S. 3; Oexler, 2001, S. 8)	8
Abbildung 5: Informationsarten innerhalb eines TIC (eigene Darstellung vgl. Giannopoulos, 2004, S. 305)	10
Abbildung 6: Zusammenwirken der UR:BAN Applikationen im Netzzusammenhang (vgl. Schendzielorz et al., 2016, S.7)	20
Abbildung 7: Grüne Welle und Restzeitinformationen auf dem PDA im Fahrzeug (vgl. Proff et al., 2012, S. 634)	20

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Der NGT Prozess (eigene Darstellung in Anlehnung an Claxton et al., 1980, S. 308–309).....	14
Tabelle 2: Ergebnisse der NGT (eigene Darstellung)	24
Tabelle 3: Gegenüberstellung verschiedener City-Logistik-Konzepte	25
Tabelle 4: Leitfaden zur Umsetzung von City-Logistik-Konzepten (in Anlehnung an Rubini und Della Lucia, 2018, S. 259).....	29
Tabelle 5: Beispielhafte Darstellung der Übersichtstabelle für die Stakeholder (eigene Darstellung).....	29

Abkürzungsverzeichnis

ADAS	Advanced Driver Assistance System
ARAS	Advanced Rider Assistance System
CD	Crowd Delivery
CL-Konzept	City-Logistik-Konzept
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EETS	European Electronic Toll Service
GPS	Global Positioning System
GVZ	Güterverkehrszentrum
ILD	Inductive Loop Detector
ITS	Intelligent Transport Systems
IVS	Intelligente Verkehrssysteme
LED	Leuchtdioden
LKW	Lastkraftwagen
LMD	Last-Mile Delivery
MAS	Multi-Agent-System
NGT	Nominal Group Technique
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PDA	Personal Digital Assistant
SGV	Straßengüterverkehr
SMS	Smart Mobility Services
SUUB	Staats- und Universitätsbibliothek Bremen
TIC	Transport Information Center
TOC	Traffic Operation Center
TRANSIT	Traffic Network Study Tool
UTC	Urban Traffic Control

1 Einleitung

1.1 Problemhintergrund und Forschungsfrage

Weltweit steigt die Anzahl, der in den Städten lebenden Bevölkerung, weiter an. Im Jahr 1950 lag der Anteil der städtischen Bewohner bei 29,6%. Verglichen mit dem Jahr 2010 und der Prognose für das Jahr 2030 stieg dieser Anteil um 22% bzw. soll weiterhin um 8,4% steigen. Mehr als die Hälfte der gesamten Bevölkerung leben bereits heute in Städten (siehe Abbildung 1). Verglichen mit dem prozentualen Anteil der städtischen Bevölkerung weltweit, lag Deutschland schon im Jahr 1950 weit über dem Durchschnitt. Über die Zeit von 60 Jahren stieg der Anteil der Bevölkerung, die, global gesehen in Städten leben, rapide an. Der Anteil Deutschlands dagegen, steigt der Prognose nach nur langsam an (vgl. UN DESA, 2018, o.S.).

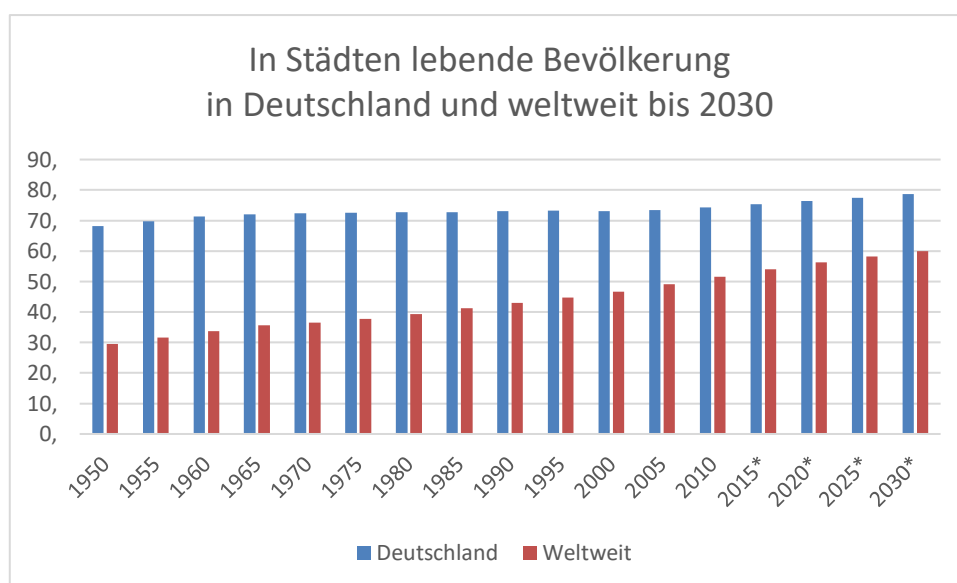


Abbildung 1: Anteil der in Städten lebenden Bevölkerung in Deutschland und weltweit von 1950 bis 2010 und Prognose bis 2030 (eigene Darstellung, vgl. UN DESA, 2014, o.S.)

Die Umverteilung der Menschen vom Land in die Stadt (Urbanisierung) verdichtet nicht nur die Bebauung, sondern auch das Verkehrsaufkommen. Das gestiegene Verkehrsaufkommen führt zu einer Erhöhung der Straßenschäden und der Umweltbelastungen. Vorallem für den Straßengüterverkehr (SGV) sind stundenlange Staus ein großes Problem. Insbesondere im stehenden Verkehr wird bei Lastkraftwagen (LKW) der Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß signifikant gesteigert (vgl. Bratzel und Tellermann, 2008, o.S.).

Ein weiterer Grund des erhöhten Verkehrsaufkommens, ist der immer beliebter werdende Online- und Versand-Handel. Kundenseitig liegen die Gründe für die Nutzung des Online-Handels vor allem in günstigeren Preisen und einer größeren Auswahl an Artikeln im Internet. Laut einer Umfrage nutzten im Jahr 2015 knapp 50% der Befragten mehrmals im Monat

Internetbestellungen. Dies führt zu logistischen Herausforderungen, da die ohnehin schon überfüllten Straßen zusätzlich mit Transportern unterschiedlichster Paketdienste belastet werden (vgl. Bitkom e.V., 2018, 2017, o.S.).

Aus den beschriebenen Problemen im Straßenverkehr urbaner Gebiete ergeben sich die beiden Forschungsfragen dieser wissenschaftlichen Arbeit:

Wie können Straßengüterverkehrsströme im Bereich der City-Logistik effizienter gestaltet werden?

Inwiefern beeinflussen die Stakeholder die Wahl von City-Logistik-Konzepten?

Die Forschungsfragen werden in den folgenden Kapiteln beantwortet.

Definition zentraler Begriffe

Urbanisierung

Bei der Urbanisierung handelt es sich sowohl um die Umverteilung der Bevölkerung vom Land in die Stadt (Verstädterung) als auch um die Übernahme der städtischen Lebens-, Wirtschafts- und Verhaltensweisen (vgl. Haas, o.D., o.S.).

Straßengüterverkehr (SGV)

Der Straßengüterverkehr beschreibt den Transport aller Güter, die durch das Fahren auf den Straßen von einer Quelle zu einer Senke transportiert werden. Dabei stellt die Quelle den Ursprung und die Senke den Empfangspunkt der Sendung dar. Außerdem wird der SGV in Werkverkehr und gewerblichem Verkehr eingeteilt, wobei durch den Werkverkehr ein Transport innerhalb eines Produktionsprozesses stattfindet und mithilfe des gewerblichen Verkehrs die fertigen Produkte von der Produktionsstätte (Quelle) zum Händler (Senke) transportiert werden (vgl. Dabidian und Langkau, 2013, S. 63; 133-137).

Intelligent Transport Systems (ITS)

Intelligent Transport Systems wenden Informations- und Kommunikationstechnologien auf die Verkehrsmittel Straße, Schiene, Luft und See an. Dabei handelt es sich um zusätzliche Dienstleistungen, die sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr genutzt werden können (vgl. Perallos et al., 2015, S. XXIII).

1.2 Gang der Argumentation

Die Einleitung einen Überblick über die Aktualität und Relevanz des gewählten Themas, woraus die Forschungsfrage resultieren, die im Kapitel 6 beantwortet werden. Nach der Einleitung folgen detaillierte Informationen zu den drei Themen Intelligent Transport Systems,

City-Logistik und Traffic Management. Diese drei komplexen Themenbereiche bilden den theoretischen Hintergrund der Projektarbeit. Die Abbildung 2 stellt den Zusammenhang zwischen den Begriffen dar.

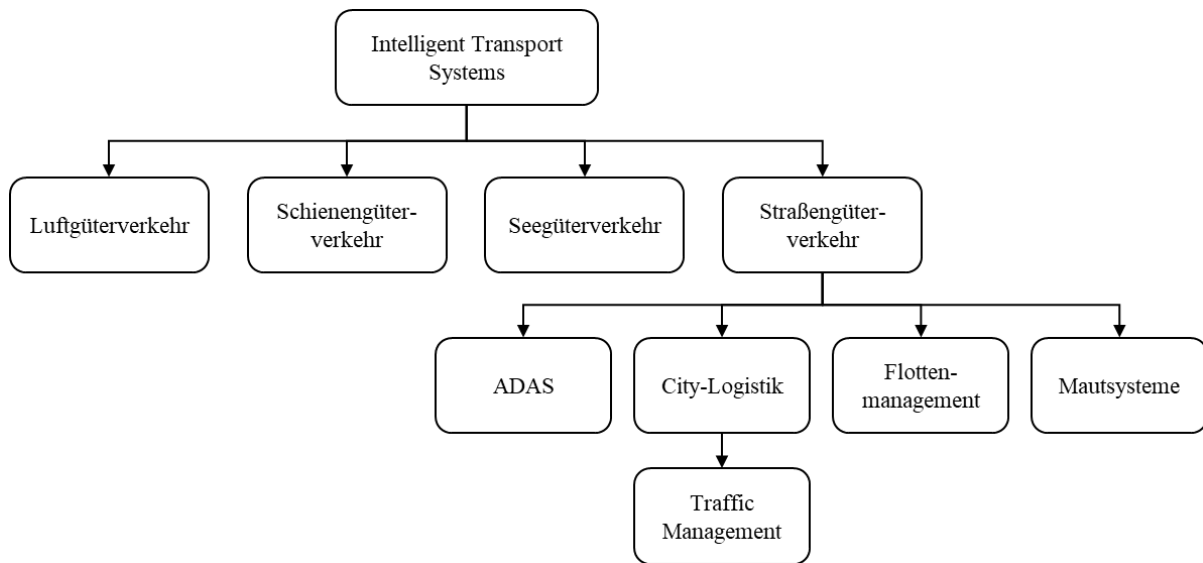


Abbildung 2: Zusammenhang der drei Themenbereiche des theoretischen Hintergrunds (eigene Darstellung)

Der Fokus dieser wissenschaftlichen Arbeit liegt auf dem Teilbereich der City-Logistik, hierbei werden die Straßengüterverkehrsströme in städtischen Gebieten untersucht. Die City-Logistik ist ein Teilbereich der intelligenten Transportsysteme. Die Ergebnissfindung im Rahmen dieser Arbeit erfolgt aus diesem Hintergrund im Kontext von intelligenten Transportsystemen. Im dritten Kapitel erfolgt die Beschreibung des methodischen Vorgehens. Darauf aufbauend werden im Kapitel 4 die Ergebnisse präsentiert. Dabei werden einerseits bestehende Konzepte vorgestellt, die den Straßengüterverkehr in Städten effizienter gestalten, andererseits werden die Ziele der innerstädtischen Stakeholder aufgezeigt. Diese Ergebnisse werden im Kapitel 5 miteinander verglichen. Abschließend erfolgt eine Schlussbetrachtung der wissenschaftlichen Arbeit. Die Forschungsfragen aus dem Kapitel 1 werden beantwortet und auf der Basis der getroffenen Limitationen erfolgt ein Ausblick auf weitere Forschungsmöglichkeiten.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Intelligent Transport Systems (ITS)

Das Konzept der „Intelligent Transport Systems“ (ITS) spielt heutzutage eine immer größer werdende Rolle. ITS wird als Bereich mit hohem Potenzial verstanden, um die aufkommenden Herausforderungen im Straßenverkehr zu bewältigen. Der Einsatz von ITS stellt durch intelligente Methoden neue, effizienzsteigernde Lösungsansätze bereit (vgl. Giannopoulos et al., 2012, S. 5).

ITS wird als Zusammenwirken von Datenerfassung, Datenverarbeitung und Datenausgabe verstanden. Dadurch werden mehr Informationen gesammelt, die die Steuerung der Prozesse erleichtern und Nutzensvorteile im Güterverkehr generieren. Die verschiedenen Prozesse werden durch eine gezielte Übermittlung von Daten miteinander verknüpft (vgl. Müller, 2012, S. 12-13). So beziehen beispielsweise Kommunikationssatelliten fortlaufend Daten, welche durch Mikrowellen an ein Kontrollzentrum weitergeleitet werden. In den Kontrollzentren werden diese Echtzeitdaten ausgewertet und verarbeitet (vgl. Elbert, 2008, S. 1).

Anwendungsmöglichkeiten von ITS im Allgemeinen sind die Verwaltung, Überwachung, Wartung, Kontrolle und Sicherheit im Güterverkehr (vgl. Perallos et al., 2015, S.XXV). Konkrete Anwendungsmöglichkeiten nennt Giannopoulos et al. (2012, S. 6–7) in den acht Bereichen:

- Reise- und Verkehrsinformationen
- Verkehrsmanagement der öffentlichen Verkehrsmittel
- Navigationsdienste
- Intelligente Gebührenerhebung
- Transportsicherheit und Schutz
- Güterverkehr und Logistik
- Intelligente Mobilität und multimodale Dienste
- Umwelt und Energieeffizienz (Nachhaltigkeit)

ITS sind seit dem 20. Jahrhundert grundsätzlich in die Kategorien Straßengüterverkehr, Luftgüterverkehr, Schienengüterverkehr und Seegüterverkehr unterteilt (vgl. Dabidian und Langkau, 2013, S. 3-4). Die konkreten Anwendungsbereiche von ITS im Straßengüterverkehr werden in der Folge detaillierter erläutert.

Bei der Gewinnung von Reise- und Verkehrsinformationen durch ITS werden den Nutzern genaue und zuverlässige Echtzeitinformationen dauerhaft zur Verfügung gestellt. Diese Daten sind für den Straßengüterverkehr von großer Bedeutung, da die Routenplanung auf die aktuelle Verkehrslage abgestimmt werden kann. So können beispielsweise im Zusammenspiel mit Navigationsdiensten Zeitersparnisse durch die Vermeidung von Staus realisiert werden (vgl.

Giannopoulos et al., 2012, S.8). Die Navigationstechnologien dienen der Identifikation von Ladeeinheiten oder Fahrzeugen und können auf dieser Grundlage optimale Routen bestimmen. Die Ortung findet mithilfe von Global Positioning Systems (GPS) statt. Die Positionsbestimmung erfolgt dabei über Satelliten wie beispielsweise dem europäischen Satelliten „Galileo“ (vgl. Giannopoulos et al., 2012, S. 18-19). Eine weitere Anwendungsmöglichkeit stellt die Nutzung von gesammelten Echtzeitinformatoren dar, durch die Entscheidungen getroffen werden, um Staus zukünftig zu verhindern. Dadurch kann die globale Leistung des Verkehrsnetzes gesteigert werden (vgl. Lee et al., 2010, S. 62).

Die Erhebung von Mautgebühren ist in der intelligenten Gebührenerhebung von großer Bedeutung für den Straßengüterverkehr. Es bestehen einige Systeme, die für eine effizientere Erhebung von Mautgebühren sorgen. Das „European Electronic Toll Service (EETS)“ ist ein Mautsystem in Europa, bei dem ein Telematik-System im Fahrzeug installiert und dadurch ein Zugriff auf Mautdienste in ganz Europa ermöglicht wird (vgl. Giannopoulos et al., 2012, S. 22). Somit wird ein kontaktloses Bezahlen per Chipkarte ermöglicht, welche beim Vorbeifahren an den Mautstationen automatisch ausgelesen werden kann. Dies führt zu einem reibungslosen Ablauf der Mauterhebung und geringeren Zeitverzögerungen (vgl. Yan und Huang, 2008, S. 444).

Ein Beispiel für diese effizienzsteigernden Maßnahmen mithilfe von ITS ist das Optimieren des Flottenmanagement, mit dem Ziel, einen besseren Zeitplan zu entwerfen, der am Ende zu effizienteren Abläufen der Flotte führt (vgl. Giannopoulos et al., 2012, S.26). Um ein effektives Flottenmanagement zu gewährleisten, wird auf Systeme wie GPS oder andere Echtzeitdatenerfassungen zurückgegriffen. Die Informationen werden in einem fahrzeuginternen System gespeichert und dann an die Flottenmanagementzentrale übermittelt. Das System im Fahrzeug bezieht zusätzlich die Daten des Boardcomputers, z.B. den Kilometerstand, den Kraftstoffverbrauch oder die Geschwindigkeit. Durch die Kombination dieser Daten kann das Kontrollzentrum Rückschlüsse über Effizienz ziehen und zukünftig bessere Planung betreiben (vgl. Thong et al., 2007, S. 1).

Eine weitere Kategorie nach Giannopoulos et al. (2012) ist die Umwelt- und Energieeffizienz. Hier wird versucht, durch ITS verschiedene Transportmittel effizienter einzusetzen, Überbelastung der Straßen zu vermeiden und das Flottenmanagement zu optimieren. Ansätze liegen in der (vgl. Giannopoulos et al., 2012, S. 31):

- Überwachung der Kraftstoffeffizienz
- Nachhaltigen Routenplanung
- Verringerung von Leerfahrten

Neben den unterschiedlichen Ansätzen zur Effizienzsteigerung ist ein weiteres grundlegendes Ziel die Erhöhung der Verkehrssicherheit. Diese hat im Straßengüterverkehr eine hohe

Relevanz, denn 97% der Verkehrstoten sterben im Straßenverkehr. Um die Sicherheit mithilfe von ITS zu erhöhen sind die drei Hauptkomponenten des Verkehrs zu beachten: Verkehrsteilnehmern, Fahrzeugen und der Umgebung. Hierbei ist zwischen dem autonomen System und kooperativen Lösungen zu unterscheiden. Bei dem autonomen System wird lediglich eine Komponente berücksichtigt, wie z.B. der Fahrer. Im Gegensatz dazu werden bei kooperativen Lösungen die Interaktion von mindestens zwei Komponenten betrachtet. Zusätzlich findet eine Unterscheidung zwischen aktiven und passiven Systemen statt. So wird entweder passiv verhindert, dass es zu Unfällen kommt oder der Fahrer wird aktiv bei der Vermeidung von Gefahrensituationen unterstützt. Als Beispiel für ein aktives, kooperierendes System ist das Advanced Driver Assistance System (ADAS) oder das Advanced Rider Assistance System (ARAS) (vgl. Giannopoulos et al., 2012, S.24). Bei den Fahrerassistenzsystemen (ADAS) handelt es sich um zusätzliche Sicherheitssysteme. Der Fahrer wird dadurch in bestimmten Verkehrssituationen elektronisch unterstützt und entlastet (vgl. ADAC, n.d., o.S.). Ein System aus dem Bereich ADAS sind Fahrbahnwechselassistenten, welche den Fahrer mithilfe akustischer oder visueller Signalen vor möglichen Gefahren beim Wechseln einer Spur warnen (vgl. Perallos et al., 2015, S. 212).

2.2 City-Logistik

Die City-Logistik ist “als eine Bündelung gleichgerichteter Güterströme innerhalb eines Stadtgebietes definiert. Sie hat das Ziel eines effizienten und stadtverträglicheren Güterverkehrs und umfasst die Ausgestaltung aller dazu notwendigen infrastrukturellen, organisatorischen, informationstechnischen und personellen Komponenten“ (Strauß, 1997, S. 28).

Der Fokus dieser wissenschaftlichen Arbeit liegt im Rahmen der City-Logistik auf dem innerstädtischen Güterverkehr. Dieser Bereich verfügt über eine hohe Affinität für City-Logistik Konzepte (vgl. Oexler, 2001, S. 23). Der motorisierte Straßengüterverkehr kann nach Oexler (2001, S. 19) in die Segmente des Wirtschafts- und des Privatverkehrs unterteilt werden. Darauf aufbauend findet einerseits eine Unterteilung des Wirtschaftsverkehrs in den Güter-, Service- und Dienstleistungsverkehr statt. Andererseits erfolgt die Unterteilung des Privatverkehrs in den Güter- und Personenverkehr und in eine Mischform dieser Verkehrsarten (siehe Abbildung 3).

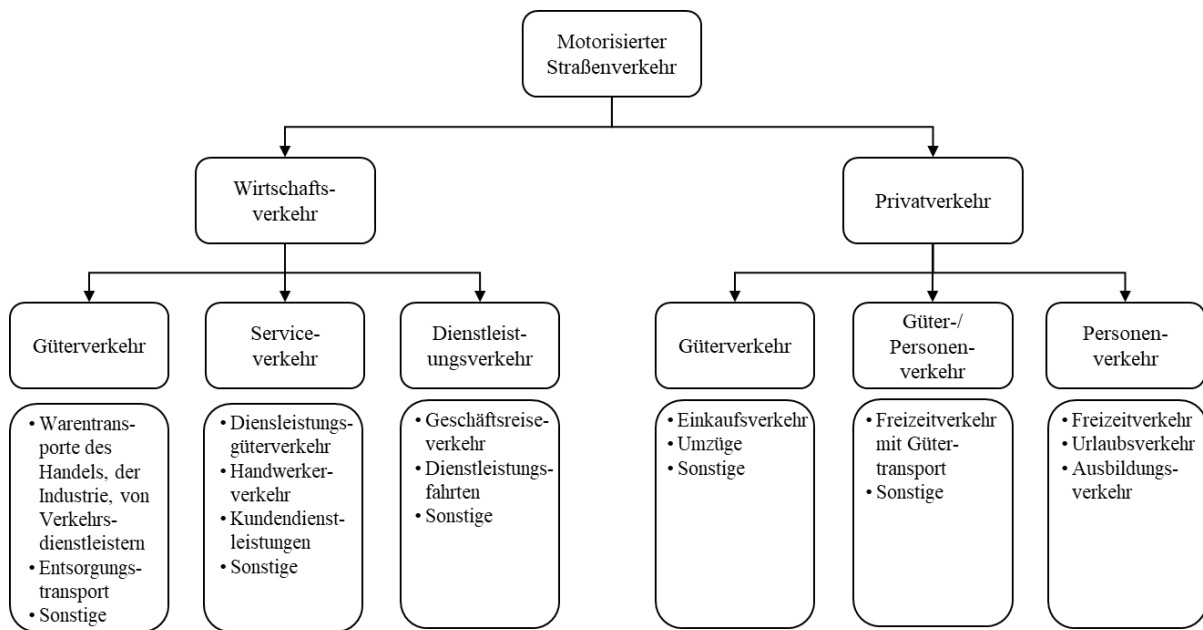


Abbildung 3: Segmente des Innerstädtischen Straßenverkehrs (eigene Darstellung vgl. Oexler, 2001, S. 19)

Hinter den Segmenten des Wirtschafts- und Privatverkehrs stehen im Straßenverkehr unterschiedliche Interessensgruppen. Für die Entwicklung von gezielten City-Logistik Konzepten ist es daher ratsam die jeweiligen Stakeholder und deren Interessen zu beachten. Neben den Anbietern und Nachfragern einer logistischen Dienstleistung sind die Kommunen ein weiterer wichtiger Stakeholder. Die unterschiedlichen Stakeholder verfolgen in erster Linie ihre eigenen Interessen, welche sich von den Interessen der anderen Stakeholder unterscheiden können. Bei der Planung sind daher Zielkonflikte zwischen den Stakeholdern zu beachten (vgl. Erd, 2015, S. 15–17). Ein zunehmendes innerstädtisches Verkehrsaufkommen trifft auf stark begrenzte Kapazitäten der Transportinfrastruktur. Dieser Zustand führt zu zunehmenden Interessenskonflikten zwischen den Akteuren (vgl. OECD, 2003, S. 87; Spinler und Winkenbach, 2012, S. 29). Die Abbildung 4 zeigt die jeweiligen Zielsetzungen der vier zentralen Stakeholder. Dazu gehören der Einzelhandel, die Transporteure, die Kommunen und die Endverbraucher (vgl. Oexler, 2001, S. 8). So ist beispielsweise ein Ziel der Kommunen die Attraktivität der Innenstädte zu erhöhen. Für viele Endverbraucher bedeutet ein geringes Verkehrsaufkommen auch gleichzeitig eine hohe Attraktivität der Innenstädte. Ein geringes Verkehrsaufkommen kann aber im Kontrast mit dem Ziel optimaler Mengen des Einzelhandels stehen. City-Logistik Konzepte haben zum Ziel das bestehende Verbesserungspotential aus diesen Interessenskonflikten zu nutzen und Optimierungen für alle Stakeholder der Innenstädte anzustreben (vgl. Spinler und Winkenbach, 2012, S. 29).

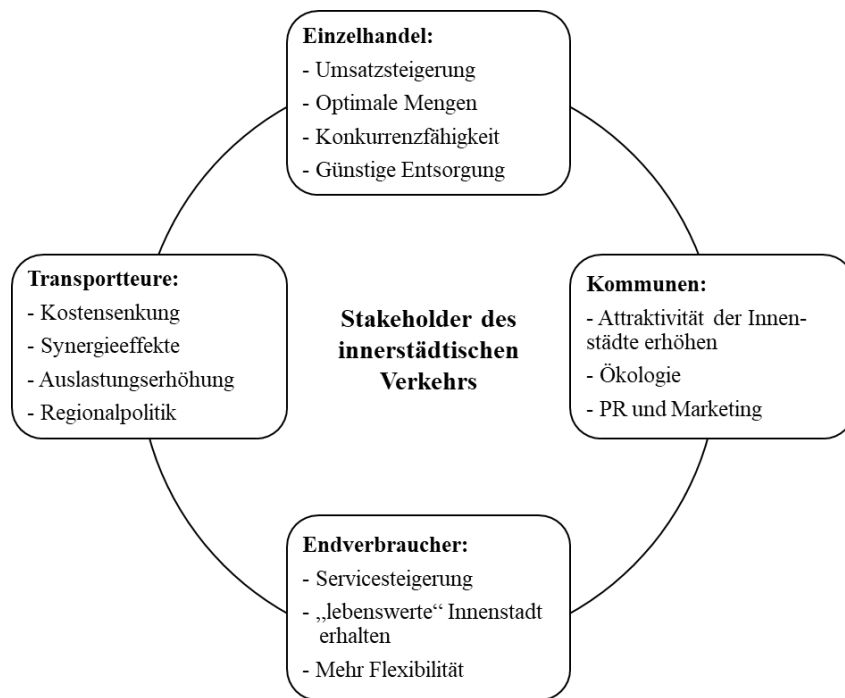


Abbildung 4: Zielsystem der City-Logistik (eigene Darstellung vgl. Meimbresse und Sonntag, 2008, S. 3; Oexler, 2001, S. 8)

Die Entwicklung erfolgreicher City-Logistik Konzepte geschieht auf der Basis der innerstädtischen Rahmenbedingungen. Diese Rahmenbedingungen sind für jede Stadt individuell und variieren daher zwischen verschiedenen Städten (vgl. Erd, 2015, S. 24). Zu den Faktoren zählen (vgl. Allen et al., 2007, S. 6):

- Art und Lage der lokalen Industrieunternehmen
- Art und Lage von Supply Chain Strukturen der Industrie- und Handelsunternehmen
- Größe und Lage der Warenlager
- Größen- und Gewichtsbeschränkungen für die Fahrzeuge im Innenstadtverkehr
- Zugangsbestimmungen sowie Be- und Entladeregelungen in der Innenstadt
- Verkehrssituation
- Kundenpräferenzen (z.B. Online-Shopping)

Daraus ergeben sich individualisierte City-Logistik Konzepte, bei denen eine Übertragbarkeit auf andere Städte nicht ohne eine spezifische Anpassung realisierbar ist. Dennoch gibt es einige Konzepte, die in mehreren Städten mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen auffindbar sind.

Zu diesen standardisierten Konzepten gehört in Deutschland der Aufbau sogenannter Güterverkehrszentren (GVZ). GVZ sind eine Ansammlung mehrerer Transport- und Logistikunternehmen in stadtperipherer Lage, „die in Teilbereichen ihres Leistungsangebots freiwillig miteinander kooperieren“. Ein GVZ ist an mindestens zwei Verkehrsträger angebunden, insbesondere findet eine Kombination der Verkehrsträger Schiene und Straße statt (vgl. Arnold et al., 2008,

S. 778). Den GVZ wird dabei ein hohes Potential zur Erreichung von Bündelungsvorteilen beigemessen. Viele Transportunternehmen werden daher an einem Standort zusammengefasst, sodass eine Bündelung der Warenströme stattfindet (vgl. Berg, 1999, S. 10; Egger und Ruesch, 2003, S. 85). Anhand dieses Beispiels wird deutlich, dass eine stärkere Koordination und Konsolidierung individueller Warenströme zu Effizienzsteigerungen führen. Daneben ergeben sich weitere positive Effekte, wie die Reduktion der Transportbewegungen und der Emissionen (vgl. Spinler und Winkenbach, 2012, S. 29–30).

Im Rahmen der City-Logistik ist eine Abkehr der Betrachtung einzelner Warensendungen, Transportunternehmen und Fahrzeugen zu beobachten. Anstelle dessen wird ein integriertes Logistiksystem betrachtet, bei dem das Zusammenspiel der einzelnen Akteure im Vordergrund steht (vgl. Spinler und Winkenbach, 2012, S. 29).

2.3 Traffic Management

„Trotz aller Verlagerungsbemühungen wird die Straße der Hauptverkehrsträger für den Güterverkehr bleiben. Gegenwärtig werden 58 % der Güterverkehrsleistungen mit Lastkraftwagen erbracht“ (Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2018, o.S.). Um das damit verbundene, steigende Verkehrsaufkommen zu reduzieren, müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden. Doch die Optimierung des städtischen Güterverkehrs ist eine große Herausforderung. Traffic Management ist ein Werkzeug, um aufkommende Problematiken hinsichtlich des urbanen Transportverkehrs effizienter zu gestalten und bezieht sich auf alle Aspekte des Verkehrsflusses (vgl. Amaral und Aghezzaf, 2015, S. 298).

Ein effizientes Verkehrssystem ist in Anbetracht des ansteigenden Verkehrsaufkommens nicht allein mit dem Aus- und Neubau von Infrastruktur zu lösen. Es ist vielmehr notwendig bestehende Infrastruktur bedarfsgerecht und intelligent zu nutzen. Dies gewährleisten intelligente Verkehrssysteme (IVS) durch die Anwendung innovativer Informations- und Kommunikationssysteme, sogenannter Smart Mobility Services (SMS) (vgl. Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2018, o.S.). Arten von SMS sind u.a. Urban Traffic Service, Signalphasenvorhersage, Parkraum-Services, Smart Environment Services, benutzerindividuelle Bündelung von Services, Smart City Cockpit dynamische Wegweisung oder Tunnelsteuerung (vgl. Schmidt et al., 2016, S. 255). Diese Arten beruhen auf der Erfassung dynamischer Daten. Durch dessen Zugriff auf unterschiedliche Datenquellen beispielsweise Fahrpläne des ÖPNV und andere umgebungsbedingten, hochdynamischen Informationen, kann eine störungsfreiere, ökonomischere und nachhaltigere Mobilität gewährleistet werden (vgl. Behörde für Wirtschaft Verkehr und Innovation, 2016, S. 26; Frauenhofer, 2015, o.S.).

Traffic Management Systeme werden bereits seit Jahren in Form von einfachen Kontrollsystemen bis hin zu höchst integrierten Netzwerksystemen genutzt. Die Grundlage bestehender Netzwerke bilden die Elemente (vgl. Giannopoulos, 2004, S. 305):

- Verkehrsdatensammlung, Informationssammlung und -verteilung
- Netzwerkkontrolle und Verkehrssteuerung
- Einrichtung, Verbreitung und Optimierung von Fahrzeugsteuerung und Fahrzeugassistenten
- System zur elektronischen (oder sonstigen) Gebührenerhebung

Die Informationsgenerierung erfolgt nicht ausschließlich durch die Analyse historischer Datensätze, sondern wird mithilfe von Echtzeitdaten unterstützt. Unter Verkehrsdaten werden neben Daten des ÖPNV auch Datensätze von Privatpersonen und Unternehmen verstanden. Ein Vorteil der Echtzeitauswertung ist beispielsweise die interaktive Steuerungsmöglichkeit für individuelle Geschwindigkeitsanpassung und Verkehrsregulierung (vgl. Flüge, 2016, S. 32). Verkehrsdaten werden unter anderem von Urban Traffic Control (UTC) Systems bereitgestellt, welche die Datensätze mithilfe von Inductive Loop Detectors (ILD) generieren. ILD sind an wichtigen Verkehrsknotenpunkten in die Straßen eingebettet und erkennen das jeweilige Verkehrsaufkommen zu bestimmten Zeiten. Dadurch ist es möglich die Ampelschaltungen an betroffenen Punkten individuell zu steuern, um so eine Verkehrsentslastung zu erreichen (vgl. Grote et al., 2018, S. 810–811).

Traffic Information Center (TIC) sammeln und werten notwendige Daten aus. Es findet eine Unterteilung zwischen dynamischen, statischen und sonstigen Informationen statt (siehe Abbildung 5) Statische Informationen sind festgelegte Regularien und durch ILD generierte Daten des jeweiligen Verkehrsaufkommens. Dynamische Daten sind definiert als dynamische Verkehrsflüsse, welche sich unter anderem durch Interaktion zwischen Fahrer, Fahrzeug und Infrastruktur ergeben (vgl. Giannopoulos, 2004, S. 305; Pop, 2018, S. 324).

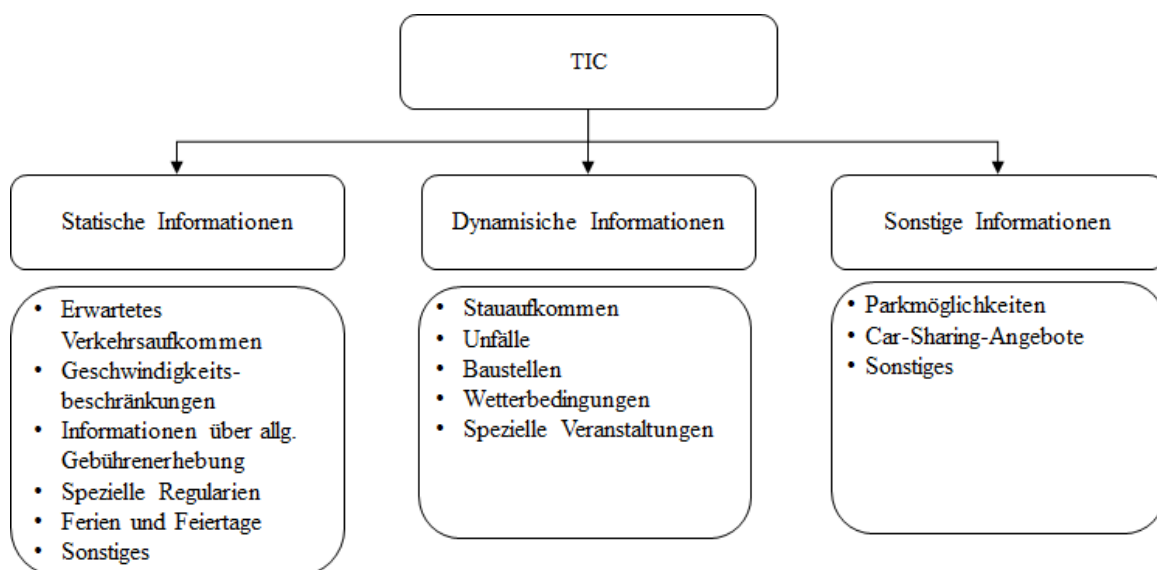


Abbildung 5: Informationsarten innerhalb eines TIC (eigene Darstellung vgl. Giannopoulos, 2004, S. 305)

Die Ziele der Güterverkehrsentwicklung müssen sich an den Zielen der städtischen Entwicklung orientieren, um langfristig zu Effizienzsteigerungen zu führen. Dennoch bestehen fortlaufende wechselseitige Behinderungen mit anderen Verkehrsteilnehmern wie beispielsweise dem Personenverkehr (vgl. Kirchhoff, 2002, S. 7-8).

Ein übergreifendes Verkehrssteuerungsnetzwerk hat ebenso zur Folge, dass Entscheidungen in einem bestimmten geografischen Bereich eines Straßennetzes, auch einen anderen Bereich beeinflussen können. Durch die höhere Vernetzung bestehen auch stärkere Zusammenhänge zwischen den Verkehrssteuerungsaktionen. Dieser Einfluss kann kooperativ aber auch entgegengewirkend sein. Wenn beispielsweise ein lokaler Verkehrsstau behoben werden soll und die Masse der Fahrzeuge geschlossen auf eine Alternativroute geleitet wird, so besteht auch auf dieser Route erneut Staugefahr mit der gleichen Anzahl an involvierten Fahrzeugen. Fakt ist, dass sich mehrere Behörden in großen Ballungsräumen die Verwaltung der Verkehrsinfrastruktur über ein verteiltes Netzwerk Traffic Operation Centers (TOC) teilen. Obgleich alle Behörden das obergeordnete Ziel der Verkehrs-Effizienzsteigerung haben, führen unterschiedliche interne Richtlinien immer wieder zu Konflikten (vgl. Almejalli et al., 2009, S. 825).

3 Methodisches Vorgehen

3.1 Literaturrecherche

Eine ausführliche Literaturrecherche ist für die Analyse verschiedener Traffic Management Konzepte die Ausgangsbasis. Die Recherche stützt sich auf Sekundärliteratur, dazu gehören Bücher, Buchkapitel, Journal Artikel, Tagungsbände und Zeitungsartikel. Anfänglichst hat die Suche mithilfe von Schlagwörtern stattgefunden. Hauptbestandteil der Rechercharbeiten waren die Fachdatenbanken EBSCO, IEEE Explore, WISO-Net und die Suchmaschine der Staats- und Universitätsbibliothek Bremen (SUUB). Die Suche in unterschiedlichen Datenbanken bringt eine bestmögliche Kombination verschiedener Informationen mit sich. Während die Datenbanken EBSCO, IEEE Explore und die Suchmaschine der SUUB hauptsächlich theoretische und wissenschaftliche Einblicke in die Thematik liefern, sind bei WISO-Net tagesaktuelle Einblicke seriöser Zeitungen zu finden. Für die Recherche wurden die Schlagwörter "Smart City", "Traffic Management System", "Traffic Light" und "Traffic Management" unterschiedlich miteinander kombiniert. Um die Aktualität der Informationen gewährleisten zu können, wurden Quellen der letzten 15 Jahre verwendet. In Bezug auf die Sprache wurde eine Eingrenzung auf deutsche und englische Literatur vorgenommen. Desweiteren wurde für die Eingrenzung der Literatur geprüft, ob die verwendeten Schlagwörter im Titel oder in der Liste der Schlüsselwörter verwendet wurden. Vorab wurde die Bedeutsamkeit der vorliegenden Daten geprüft. Im Folgenden wurde zunächst der Abstract und die Schlussfolgerung betrachtet, um beurteilen zu können, ob die Informationen von Relevanz sind. Anschließend folgte ein Skimming des gesamten Textes. Skimming ist eine Lesestrategie, mit dem Ziel einen groben Gesamtüberblick des Inhaltes zu erhalten. Sofern der Inhalt für die Ausarbeitung relevant schien, folgte das intensive Lesen des vorliegenden Textes, um so detailliertere Informationen sammeln zu können. Darüber hinaus konnte zusätzliche Literatur aufgefunden werden, welche durch Querverweise in der Ausgangsliteratur erwähnt wurde. Die ursprüngliche Quelle einer Behauptung, Idee oder eines Konzeptes kann so mithilfe des Literaturverzeichnisses eines bereits verwendeten Textes, identifiziert werden.

Während der Recherche wurde deutlich, dass zwei unterschiedliche Ansatzpunkte bestehen, mit denen das Verkehrsaufkommen optimiert werden kann. Ein Ansatz liegt in der "Verkehrsleitung", ein weiterer in der "Verkehrsvermeidung". In der Folge werden Anwendungsbeispiele aus diesen beiden Bereichen vorgestellt.

3.2 Nominal Group Technique

Das Erhebungsinstrument

Delbecq und van de Ven (1971, S. 470–772) haben die Nominal Group Technique (NGT) als Methode zur Identifikation neuer Ideen entwickelt. Dabei handelt es sich um eine Kreativitätstechnik für die Arbeit mit Gruppen. Ein großer Vorteil dieser Methode besteht darin,

dass auf die Ideenfindung eine direkte Priorisierung der neuen Ideen folgt. Dadurch werden die gewonnen Ergebnisse weiterverarbeitet und gewichtet. Mithilfe der NGT ist es möglich häufig auftretende Probleme von Gruppendiskussionen zu vermeiden. Durch den strukturierten Ablauf, wird die Dominanz einzelner Gruppenmitglieder reduziert. Somit können auch die Beiträge und Meinungen zurückhaltenderer Gruppenmitglieder berücksichtigt werden. Viele Gruppendiskussionen leiden darunter, dass viel Zeit in Probleme aus dem Randbereich investiert wird. Dabei entfernt sich die Diskussion von dem Kern des Problems, wodurch die Ergebnisse an Aussagekraft verlieren. Durch den vorgegebenen Prozess der NGT wird diese Gefahr verringert (vgl. Rohrbaugh, 1981, S. 273).

Die NGT wird klassischer Weise für zwei unterschiedliche Anwendungen eingesetzt. Zum einen wird sie für die Arbeit mit Teams innerhalb eines Unternehmens verwendet. Bei diesem intraorganisationalen Ansatz liegt der Fokus der NGT darin, bestehende Probleme innerhalb des Teams zu identifizieren und im Anschluss zu lösen. Zum anderen wird die NGT verwendet um durch eine Gruppe von Experten Informationen und Lösungsansätze für ein gewähltes Problem zu erhalten. Diese Expertengruppe hat im Rahmen der NGT die Funktion von externen Beratern (vgl. Claxton et al., 1980, S. 309). Experten sind dabei als Personen zu verstehen, die „über ein Wissen verfüg[en], das sie zwar nicht notwendigerweise alleine besitz[en], das aber doch nicht jede[m] in dem interessierenden Handlungsfeld zugänglich ist“ (vgl. Meuser und Nagel, 2009, S. 37). Im weiteren Verlauf dieser wissenschaftlichen Arbeit wird die NGT im Rahmen einer externen Gruppe von Experten verwendet.

Die Nominalgruppe

Für die Durchführung der NGT wurde eine Gruppe von neun Studenten und Studentinnen der Universität Bremen ausgewählt. Das Alter der Teilnehmer lag zwischen 20 und 26 Jahren. Die Studenten sind alle im fortgeschrittenen Bachelorstudium zwischen dem 5. und dem 9. Fachsemester. Die Teilnehmer stammen aus zwei Gruppen, welche im Rahmen eines Projektmoduls ebenfalls zum Thema ITS forschen. Besonders hervorzuheben ist, dass sämtliche Teilnehmer den Schwerpunkt Logistik belegen. Dadurch wurde ein gewisses Verständnis für den Gütertransport und für die Stakeholder im Innenstadtbereich vorausgesetzt.

Aufgabenstellung und Ablauf

Die NGT wurde im Rahmen eines zweistündigen Workshops mit den zuvor beschriebenen Experten durchgeführt. Das Ziel des Workshops war es, mithilfe der NGT die verschiedenen Interessen der Stakeholder aus Innenstädten zu sammeln und gegenüberzustellen. Dazu wurden die fünf Stakeholder beachtet: *Endverbraucher*, *Transportunternehmen*, *Einzelhandelsunternehmen*, *Industrieunternehmen* und *Kommunen*. Die Stakeholder *Einzelhandelsunternehmen* und *Industrieunternehmen* wurden im Rahmen des Workshops gemeinsam betrachtet. In der Vorbereitung auf den Workshop wurde erwartet, dass die Interessen dieser beiden Stakeholder ähnlich sind. Aufgrund der begrenzten, verfügbaren Zeit

und der Anzahl der Gruppenteilnehmer, wurde der Entschluss für diese Zusammenfassung getroffen.

Für den Workshop wurden die Teilnehmer in zwei Gruppen eingeteilt. Die Gruppen wurden so zusammengestellt, dass die bestehenden Gruppenkonstellationen aus dem Projektmodul durchtrennt wurden. Die Experten der einzelnen Gruppen haben durch diese Zusammenstellung zum ersten Mal miteinander gearbeitet. Aus diesem Grund waren die Gruppenmitglieder unabhängig voneinander und jeder Experte konnte sich innerhalb der NGT optimal einbringen.

Die beiden Expertengruppen haben die Aufgabe bekommen, zu einem bestimmten Stakeholder die jeweiligen Ziele, Wünsche und Interessen zu identifizieren. Jede Gruppe hat sich dabei in die Rolle eines anderen Stakeholders hineinversetzt. Im Rahmen des Workshops wurden insgesamt zwei Runden durchgeführt, somit konnten alle Stakeholder beachtet werden. Die Tabelle 1 (Darstellung auf der folgenden Seite) zeigt den Ablauf der Nominal Group Technique, wie er während des Workshops stattgefunden hat.

Tabelle 1: Der NGT Prozess (eigene Darstellung in Anlehnung an Claxton et al., 1980, S. 308–309)

Phase I: Präsentation des Themenfeldes
Der Moderator präsentiert das Themenfeld. Der jeweilige Stakeholder des Innenstadtbereichs wird kurz vorgestellt.
Phase II: Individuelle Identifikation der Faktoren
Die Teilnehmer der Gruppen ermitteln in Einzelarbeit die Ziele des jeweiligen Stakeholders.
Phase III: Zusammentragen der Faktoren
Reih um nennt jeder Teilnehmer der Gruppe ein Ziel von seiner Liste. Dabei ist möglich und ausdrücklich erwünscht auf Gedanken anderer Gruppenmitglieder einzugehen. Der Moderator notiert die genannten Ziele auf einem Flipchart. Die Phase wird beendet, sobald keine neuen Ziele genannt werden.
Phase IV: Diskussion unklarer Faktoren
Es wird ein gemeinsames Verständnis aller genannten Ziele entwickelt, dabei werden offene Fragen zu einzelnen Punkten geklärt. Gegebenenfalls werden einzelne Ziele konkretisiert oder unterteilt.
Phase V: Individuelle Priorisierung der Faktoren
Jeder Teilnehmer wählt für sich die fünf wichtigsten Ziele der Stakeholder aus und priorisiert diese mit Punkten von 1-5.
Phase VI: Zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse
Die einzelnen Priorisierungen werden ausgewertet und in eine Liste zusammengefasst. Abschließend wird das Ergebnis diskutiert.

Um authentische Einschätzungen durch die Experten zu erhalten, wurde die Entscheidung getroffen, den Teilnehmern vor dem Workshop keine Informationen zur Verfügung zu stellen. Da ein Ziel der NGT die Gewinnung neuer Erkenntnisse ist, sollte damit sichergestellt werden, dass die Teilnehmer nicht durch die Vorabinformationen beeinflusst werden.

4 Ergebnisse

4.1 Traffic Management Konzepte

4.1.1 Verkehrsleitung

Das grundlegende Ziel der Verkehrsentwicklung ist die Gewährleistung eines effizienten Gütertransports und der Mobilität von Personen mithilfe von City-Logistik-Konzepten (CL-Konzept). Gleichzeitig sollen die negativen Auswirkungen des Verkehrs, wie beispielsweise ein zu hoher CO₂-Ausstoß oder die Entstehung von Staus, auf das Möglichste verringert werden (vgl. Kirchhoff, 2002, S.6). Um das ansteigende Verkehrsaufkommen zu bewältigen ist es notwendig, bestehende Verkehrsleitsysteme effizienter zu gestalten. Diese Anforderung an die Verkehrsorganisation ist somit gleichzeitig Ursache und Wirkung des grundlegenden Problems. Eine leistungsfähigere Verkehrsleitung ermöglicht eine höhere Verkehrsnachfrage. Mit dieser wächst wiederum die Notwendigkeit einer noch leistungsfähigeren Verkehrsleitung (vgl. Schnieder, 2007, S. 29).

Die Verkehrsleitung wirkt sich auf verschiedene Bereiche aus. Eine Unterscheidung findet zwischen Verkehrswegeinfrastruktur, Verkehrsobjekten und Verkehrsmitteln statt (vgl. Schnieder, 2007, S. 28). Verkehrsinfrastruktur beschreibt alle Bereiche der Verkehrswege und -stationen, wie zum Beispiel Umschlagplätze. Ein Verkehrsobjekt ist eine Person oder eine Sache, die vorübergehend am Verkehrsbetrieb teilnimmt und diesem somit kurzfristig zur Verfügung steht. Verkehrsmittel beschreiben Fahrzeuge, welche dem Personen- und Gütertransport dienen (vgl. Gabler Wirtschaftslexikon, 2019a, o.S.; 2019b, o.S.; Wirtschaftslexikon, 2019, o.S.).

Die Entwicklung von möglichen Lösungskonzepten zur Effizienzsteigerung des Verkehrs in Ballungsräumen wird von den Entwicklungen aus Wirtschaft, Gesellschaft, Technik, Umwelt und Wissenschaft beeinflusst. So bieten sich beispielsweise durch den Fortschritt der Elektromobilität neue Möglichkeiten, die einzelnen Ziele der Verkehrsleitung miteinander zu vereinen (vgl. Bundesministerium für Umwelt, 2019, o.S.). Eine saubere Infrastruktur, eingebettet in ein optimiertes Gesamtverkehrssystem, kann durch nachhaltige Mobilität auch zur Erreichung verkehrspolitischer Ziele führen (vgl. Dorda, 2010 o.S.). Des Weiteren zeigt der technologische Fortschritt neue Potentiale auf, sodass CL-Konzepte intelligent eingesetzt werden können. Intelligent bedeutet in diesem Zusammenhang datenbasiert. Um kurzfristig auf Störungen und Probleme reagieren zu können, muss der gesamte Wirkungskreis intelligent werden. Die Komplexität dieses Themenbereichs steigt stetig an (vgl. Peick, 2017, o.S.).

Funktionierende Verkehrstechniken sind unabdingbar, um die Auswirkungen eines unkontrollierbaren Städtewachstums abzufedern. Effiziente Lösungen sind erforderlich, um den Verkehr positiv zu beeinflussen. Zu den wichtigsten und vielversprechendsten Lösungsansätzen gehört die Ampelsteuerung (vgl. Costa et al., 2011, S. 1382). Viele Verkehrsleitsysteme basieren auf

Multi-Agent-Systemen (MAS). Es handelt sich hierbei um unabhängige Akteure, sogenannte Agenten, die innerhalb derselben Umgebung individuell gesteuert werden. Da Verkehrsphänomene als ein Zusammenspiel komplexer Systeme beschrieben werden können, sind Multi-Agent-Systeme nützlich, um das Verhalten unterschiedlicher Verkehrsteilnehmer zu beschreiben (vgl. Fujii et al., 2017, S. 235).

De Oliveira (2006, S. 1) beschreibt die Ampelkoordination unter Verwendung eines Simulationsmodells. Jede Ampel wird als ein Agent modelliert, der über Informationen zu lokalen Verkehrszuständen verfügt. Die Synchronisation innerhalb des Ampelsystems erfolgt mithilfe des *Traffic Network Study Tool* (TRANST). Es handelt sich dabei um einen Offline-Optimierungsansatz, bei dem die Ampelschaltung undynamisch ist. Um eine „grüne Welle“ zu generieren, wird für jeden Agenten ein geeigneter Signalplan erzeugt. In dem Modell beschränken sich die Steuerungsmöglichkeiten auf eine Verkehrsrichtung und lassen Nebenstraßen außer Acht. Ein Grund für das Scheitern dieses Ansatzes ist, dass zu Stoßzeiten eine undynamische Ampelschaltung nicht effizient einsetzbar ist, da das Verkehrsaufkommen in Stoßzeiten nicht zuverlässig planbar ist. Der Verkehr ist ein hochdynamischer Prozess und mit zunehmendem Verkehrsaufkommen wird die Steuerungsaufgabe immer komplexer. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit von robusten und flexibleren Methoden (vgl. De Oliveira und Bazzan, 2006, S. 1). Ein weiterer Ansatz besteht in der Idee einer selbstorganisierten Ampelsteuerung an Kreuzungen mithilfe von Echtzeitdaten. Es handelt sich um eine flexible Ampelschaltung, bei der sich die Ampelsteuerung individuell an das aktuelle Verkehrsaufkommen anpasst. Das Ziel ist es, die Gesamtwartezeit aller Verkehrsteilnehmer zu minimieren. Das Verkehrsaufkommen und die Ampelschaltung beeinflussen sich wechselseitig. Ändert sich das Verkehrsaufkommen werden die Grünphasen der Ampeln angepasst. Diese Anpassungen wirken sich wiederum positiv auf den Verkehrsfluss aus. In der Folge entstehen Koordinationsmuster wie „grüne Wellen“. Basis der Ampelsteuerung ist eine Optimierungs- und Stabilitätsregel, dessen Effizienz bei hoher Verkehrsauslastung nachteilig beeinträchtigt wird (vgl. Lämmer et al., 2008, S. 3).

Einen Unterschied zu den üblicherweise verwendeten Festzyklussteuerungen stellen adaptive Algorithmen dar. Festzyklus bedeutet, dass es sich um Verkehrssteuerungen in einem immer gleichen Rhythmus handelt. Adaptive Algorithmen treffen ihre Entscheidungen auf Grundlage des jeweiligen Verkehrsaufkommens. Ein manueller Eingriff ist nicht mehr erforderlich. Auswertungen haben gezeigt, dass im Vergleich zu manuell konstruierten Controllern, die durchschnittliche Wartezeit bei starkem Verkehr um mehr als 25% reduziert wurde (vgl. Wiering et al., o.D., S. 453). Des Weiteren werden in zunehmendem Maße Leuchtdioden (LEDs) in Ampeln, Anzeigetafeln oder anderen Signalgeräten eingesetzt. Die LED-Ampeln übermitteln Daten an die Fahrzeuge. Dem Fahrer werden Verkehrsinformationen bereitgestellt, die u.a. der Unterstützung des sicheren Fahrens dienen können. Die LED-Signale sind für das menschliche Auge unsichtbar, somit werden die Verkehrsteilnehmer nicht durch zusätzliche Signale verunsichert (vgl. Wada et al., 2005, o. S.). Aktuell werden unterschiedliche Ansätze der

Verkehrsleitung erprobt. Es besteht die Möglichkeit, dass fahrzeuginterne Ampelsysteme die Fahrer an Kreuzungen unterstützen und ebenso einen positiven Einfluss auf nachfolgende Fahrzeuge ausüben. Die maximale Verzögerung der Verkehrsteilnehmer kann reduziert werden, selbst wenn das nachfolgende Fahrzeug nicht mit dem System ausgestattet ist (vgl. Yang et al., 2018, S. 24).

SmartPORT Traffic Light System

Die Vernetzung von Verkehrsteilnehmern schreitet immer mehr voran. Aktuell können bereits viele Fahrzeuge über vernetzte Smartphones oder Smartwatches mit der Umwelt kommunizieren. Im Hamburger Hafengebiet wird daher das sogenannte „smartPORT Traffic Light System“ eingesetzt. Durch intelligente Ampeln sollen sowohl der LKW-Verkehrsfluss, als auch die Verkehrssicherheit aller Beteiligten optimiert werden. Durch das Zusammenspiel von Sensortechnik, Analyse-, Prognose- und Informationssystemen wird neben einer enormen Effizienzsteigerung auch eine Minimierung von Umwelteinflüssen erreicht. Bei der Entwicklung des Systems wurden die drei Bereiche Verkehrsströme, Infrastruktur und Warenströme berücksichtigt. Um optimale Ergebnisse zu erzielen, ist eine intelligente Vernetzung aller beteiligten Akteure und Agenten notwendig. Das Modell basiert auf den Elementen (vgl. „smartPORT,” o.D., o. S.):

1. *Navigation in Echtzeit*
Personalisiertes Navigationsgerät, welches Informationen zur Verkehrslage, Parkraum, Infrastruktur, Sperrzeiten der beweglichen Brücken und aktuelle Hinweise liefert.
2. *Nutzung von erneuerbaren Energien*
3. *Intelligente Weiche*
IT-Systeme stellen Informationen über den Zustand und Verschleiß von wichtigen Knotenpunkten bereit.
4. *Mobile Allzwecksensoren*
Drahtlose Weiterleitung von Echtzeitdaten z.B. zur Messung von Temperatur, Windstärke, Luftverschmutzung, etc.
5. *Smarte Instandhaltung*
Nachgelagerte IT-Systeme, welche die Beschaffenheit von Straßen, Brücken und Schienen kontrollieren.
6. *Virtuelles Depot*
Vermeidung unnötiger Leerfahrten von Containern durch ein cloudbasiertes System.
7. *Port Monitor*
8. *Ausweitung von E-Mobilität im Hafengebiet*
9. *Parkraummanagement für LKW*
10. *Ausbau von erneuerbaren Energien und Ausweitung bestehender Netze*

Die Zunahme des Stadtverkehrs führt zu vermehrten Staus und verlängerten Fahrtzeiten. Zusätzlich erhöht sich aufgrund einer ineffizienten Ampelschaltung das Gefahrenpotential für Fußgänger. Diese Szenarien erfordern den Einsatz neuer Methoden, welche die Gestaltung der Ampelsteuerung für Fahrzeuge sowie für Fußgängerüberwege betrifft. Durch die Verwendung von genetischen Algorithmus-Technologien werden intelligente Antwortzeiten für grüne Intervalle bereitgestellt. So können Ineffizienzen der herkömmlichen Verkehrssteuerung überwunden werden (vgl. Turky et al., 2009, S. 8).

Starling Crossing (der smarte Zebrastreifen)

Ein weiteres Projekt einer intelligenten Verkehrssteuerung, ist der smarte Zebrastreifen. Dieser hat momentan erst die Prototypenphase abgeschlossen und ist derzeit im freien Straßenverkehr noch nicht einsetzbar. Es handelt sich hierbei um ein Projekt aus England, welches ebenfalls die Verkehrssicherheit erhöhen soll. Durch in den Straßenbelag integrierte LEDs leuchtet bei Bedarf der Zebrastreifen auf. Dieser soll sich den Bedürfnissen der Fußgänger anpassen, indem sich die Breite individuell auf die Anzahl der Fußgänger einstimmt. Durch einen breiteren Fußgängerüberweg können mehr Menschen zur gleichen Zeit die Straße überqueren und es erfolgt ein schnellerer Übergang. Ebenso sollen Einblendungen, wie Haltepositionen für andere Verkehrsteilnehmer koordiniert werden (vgl. Enorm Magazin, 2018, o.S.).

Forschungsinitiative UR:BAN

Die Forschungsinitiative UR:BAN greift diesen kooperativen Lösungsansatz auf. Partner unterschiedlicher Bereiche haben gemeinsam effizienzsteigernde Verkehrs- und Fahrzeugassistenzsysteme entwickelt. Ihr Ziel ist es, „sicheres, wirtschaftliches, energieeffizientes, vorausschauendes sowie stressfreies Fahren gerade bei zunehmender Urbanisierung in Ballungsräumen zu realisieren.“ In unterschiedlichen Teilprojekten wurden Lösungsansätze erarbeitet:

1. Kognitive Assistenz: Schwerpunkt auf verbesserte Sensortechnik und Anwendungen im Fahrzeug selbst
2. Mensch im Verkehr: Verkehrsteilnehmer und dessen Bezug auf kooperative Systeme und Fahrzeugassistenz
3. Vernetztes Verkehrssystem: Entwicklung von Anwendungen für energie- und verkehrseffizientes Fahren im städtischen Raum

Das Projekt beschreibt das Zusammenspiel mehrerer Systeme. Eine kooperative Infrastruktur ist die Grundlage für den Einsatz unterschiedlicher Verkehrsmanagement-Konzepte. Sie nimmt eine Querschnittsfunktion ein und ist Teil des *Regionalen Netzes*, *Urbaner Straßen* und *Smarter Kreuzungen*. Verschiedene Konzepte beeinflussen auch unterschiedliche Netzausschnitte. Der jeweilige Wirkungsbereich variiert je nach Konzept (vgl. Schendzielorz et al., 2016, S. 6).



Abbildung 6: Zusammenwirken der UR:BAN Applikationen im Netzzusammenhang (vgl. Schendzielorz et al., 2016, S.7)

Die Umrüstung der Infrastruktur ist mit sehr hohen Kosten verbunden. Sinnvoll ist eine Informationsbereitstellung im Fahrzeug über bereits vorhandene Endgeräte (PDA, Smartphone, Tablet). Diese Fahrzeugassistenzsysteme stellen den Fahrzeugführern Echtzeitinformationen über den Ampelstatus oder Verkehrsbehinderungen zur Verfügung. Um die nächste Grünphase zu erreichen, werden Informationen über die notwendige Geschwindigkeit übermittelt. Im Gegensatz dazu kann die Technologie bei roten Ampeln dazu genutzt werden, den Fahrzeugführern frühzeitig den Impuls einer Geschwindigkeitsverringerung zu kommunizieren. Insgesamt wird dadurch ein gleichmäßigerer Verkehrsfluss erzeugt. Ständiges Anfahren und Abbremsen wird vermieden. Dieses führt zu Kraftstoffeinsparungen und Emissionsminderung (vgl. Proff et. al. 2012, S. 633).



Abbildung 7: Grüne Welle und Restzeitinformationen auf dem PDA im Fahrzeug (vgl. Proff et al., 2012, S. 634)

Der Einsatz verkehrsleitender Systeme wird in Ballungsräumen durch die Komplexität des Straßennetzes erschwert. Daher ist es essentiell für unterschiedliche CL-Konzepte qualitativ

hochwertige Daten bereitzustellen, diese miteinander zu verbinden und zu verarbeiten (vgl. Ramos, et al., 2011, S. 2767). Durch eine Kooperation von Infrastruktur und Verkehrsmitteln können besonders an Knotenpunkten wie Kreuzungen große Vorteile entstehen (vgl. Proff et. al. 2012, S. 632 – 633). Der innerstädtische Güterverkehr lässt sich nicht gesondert betrachten, da keine Abgrenzung zum gesamten innerstädtischen Verkehrsaufkommen möglich ist. Daher müssen die Ziele von Traffic Management mit denen des Verkehrssystems als Ganzes übereinstimmen (vgl. Erd, 2015, S. 5).

4.1.2 Verkehrsvermeidung

Der Straßengüterverkehr (SGV) entspricht ungefähr 30% des gesamten Straßenverkehrs. Im Vergleich dazu sind die Auswirkungen auf das Verkehrsaufkommen enorm, denn ca. 80 % der Staus werden durch den SGV verursacht (vgl. Heiermann, 2018, o.S.). Um den Güterverkehr weiter zu entlasten und die daraus resultierenden Staus zu vermeiden, werden im Folgenden Möglichkeiten zur Verkehrsvermeidung beschrieben.

Nachtexpresse

Ein Ansatz zur Vermeidung von Staus stellt die Lieferung von Waren in der Nacht dar. Hierbei werden Sendungen am späten Nachmittag eingesammelt und auf den freien Straßen in der Nacht ausgeliefert. Diese Möglichkeit der Nachtexpresse eignet sich für verschiedene Kunden wie Krankenhäuser, Einzelhändler oder große Unternehmen. Hier zeigt sich die momentane Ausrichtung auf die Zustellung von Business-to-Business. Ein Problem bei der Auslieferung in der Nacht stellen die nicht besetzten Empfangspunkte dar. Dies kann durch vereinbarte Ablageorte oder Zugangsmöglichkeiten für die Spediteure geregelt werden. Nachgewiesen wird die erfolgte Lieferung durch ein Scannen oder ein Foto der Pakete. Um die Bewohner nachts nicht zu stark mit Lärm zu belästigen, müssen für das Konzept besonders leise Fahrzeuge zur Auslieferung genutzt werden. Doch nicht nur die Fahrzeuge, sondern auch die benötigten Maschinen zur Entladung sollten möglichst wenig Lärm verursachen (vgl. Lehmacher, 2015, S. 18). Ein Beispiel für ein Nachtexpress Unternehmen ist der Dienstleister *Moon*. Ihre Auslieferungen finden werknächtlich zwischen 02:00 und 08:00 Uhr statt. Sie liefern Ersatzteile für Kunden aus Branchen wie Automotive oder Bau- und Landmaschinen. Die Zustellung erfolgt an zuvor vereinbarten Ablageorten und die Quittierung erfolgt per Scanner. Moon hat eine Lieferkapazität von 30.000 Paketen pro Nacht, welche bis 2020 auf 200.000 ausgebaut werden soll. Momentan sind Niederlassungen in Berlin, Hermsdorf, Osnabrück, Frankfurt und Karlsruhe in Betrieb (vgl. DVZ, 2018a, o.S.).

Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln für den Güterverkehr

Ein Konzept, welches LKW-Fahrten einsparen und sich bereits bestehende infrastrukturelle Verkehrsträger zu Nutze macht, ist die Verwendung von öffentlichen Verkehrsmitteln für den Güterverkehr. Dieses Prinzip eignet sich für viele Städte, um die Straßen zu entlasten und die

Emissionen zu reduzieren. So können die Straßenbahnen, die in der Nacht nicht für den Personenverkehr verwendet, für das Liefern von Gütern eingesetzt werden. Eines der ersten Projekte, die in Deutschland umgesetzt sind, ist die *CarGoTram* in Dresden. Diese wird von dem Automobilhersteller Volkswagen (VW) genutzt, um zwischen dem Güterverkehrszentrum außerhalb der Stadt und der Produktionsstätte innerhalb der Stadt, Güter zu transportieren. Hierfür wurden die Straßenbahnen für den Transport der zu liefernden Waren angepasst. Es kann pro Fahrt eine Nutzlast von bis zu 60 Tonnen erreicht werden. Im Schnitt werden dadurch bis zu drei LKW-Fahrten je Fahrt eingespart (vgl. Lehmacher, 2015, S. 19-20).

Eine andere Variante dieses Konzeptes stellt ein Pilotprojekt aus Frankfurt dar. Dabei werden die Lieferungen an Privathaushalte abschnittsweise mithilfe von Straßenbahnen durchgeführt. Dadurch wird das Aufkommen an Lieferfahrzeugen innerhalb von Ballungsgebieten reduziert. Die Straßenbahn wird mit sogenannten *Mikrodepots* beladen. Mikrodepots sind Kisten, die mit Paketsendungen gefüllt sind und an zentrale Umschlagplätze in der Innenstadt geliefert werden. Fahrradkuriere nehmen die Depots entgegen und transportieren die Pakete zu den Endverbrauchern. Ein spezielles Hydraulik-System sorgt für ein schnelles und effizientes Umschlagen auf das nächste Verkehrsmittel. Die Lieferleistung eines Mikrodepots entspricht dabei der eines Transporters. Für eine erfolgreiche Planung und Durchführung dieses Konzeptes ist eine Kooperation der Paketdienstleister notwendig (vgl. WirtschaftsWoche, 2018, o.S.).

Lieferoptionen

Da die Zustellung auf der letzten Meile eine der größten logistischen Herausforderungen darstellt, wollen die Paketdienstleister die Anzahl der Haustürzustellungen verringern. Der wachsende Online-Versandhandel führt zu einem Anstieg von Paketlieferungen. Die daraus resultierende stärkere Belastung der Straßen, spiegelt sich in dem diesjährigen Weihnachtsgeschäft wieder. Laut Bundesverband für Paket und Expresslogistik werden in Deutschland im November und Dezember voraussichtlich bis zu 18 Millionen Pakete pro Tag ausgeliefert (vgl. Macho und Schlesiger, 2018, o. S.). Zu der Problematik der Überbelastung des Verkehrsträgers Straße kommt der Wunsch einer schnellen Paketzustellung. Oft sind die Kunden nicht persönlich anzutreffen, sodass die Paketzusteller häufig eine Adresse mehrmals anfahren. Dadurch werden die negativen Auswirkungen des ansteigenden Online-Handels zusätzlich verstärkt. Um die Anzahl fehlgeschlagener Zustellungsversuche zu vermindern, stellen die Paketdienste unterschiedliche Möglichkeiten bereit. Eine Verfahrensweise bietet die Rücksprache mit den Kunden im Voraus, um einen Wunschtermin zu vereinbaren. Durch das vom Kunden festgelegte Zeitfenster kann das Paket mit einer höheren Wahrscheinlichkeit entgegengenommen werden. Eine weitere Option ist die Zustellung des Paketes an eine Paketstation in der Nähe des Kunden. Trifft die Bestellung dort ein, erhalten die Kunden eine Abholbestätigung. Die Kunden können dann das Paket innerhalb von sieben Tagen bei der Station abholen. Eine weitere Anlieferungsoption ist das Vereinbaren eines privaten Wunschortes, an dem der Paketdienstleister die Sendung ablegt, falls der Empfänger nicht anzutreffen ist (vgl. Lehmacher, 2015, S. 22-24).

Dies stellt einen höheren Aufwand dar, der mit zusätzlichen Kosten für den Kunden verbunden ist. Der Logistikdienstleister *Hermes* erhöhte im laufenden Jahr die Zustellungspreise um 6%. Weitere Preiserhöhungen sind geplant. Die Preiserhöhungen für die Hauszustellung sollen einen zusätzlichen Anreiz für die Nutzung von Paketstationen bieten. Dadurch verringert der Logistikdienstleister seine Kosten. Gleichzeitig ist eine Entlastung des Verkehrs zu erwarten (vgl. Macho und Schlesiger, 2018, o. S.).

Crowd-Delivery

Eine weitere Lieferoption ist das sogenannte *Crowd Delivery* (CD). Dabei werden die Lieferungen von Privatpersonen durchgeführt. Somit findet eine Koppelung zwischen Privat- und Güterverkehr statt, sodass der konventionelle Straßengüterverkehr der Logistikdienstleister reduziert wird. Der tägliche Arbeitsweg, Urlaubsfahrten und weitere Privatfahrten können dazu genutzt werden Pakete privat zuzustellen. Die Koordination erfolgt über eine App, in der die Absender und Privatzusteller kommunizieren können. Die zustellende Privatperson erhält durch dieses Konzept die Möglichkeit seine Fahrtkosten teilweise auf den Versender zu übertragen. Der Versender erhält eine kostengünstige und nachhaltige Lieferoption (vgl. Maar und Ternès, 2018, S. 24, 25). Darüber hinaus ist es möglich, gewerbliche Taxifahrten für die Paketzustellung zu nutzen. Stimmt die Route des Kunden mit einer Lieferstrecke überein, werden diese in einer Taxifahrt miteinander kombiniert. Dadurch werden die zur Verfügung stehenden Kapazitäten der Taxen ausgenutzt (vgl. Chen und Pan, 2015, S. 5-6).

4.2 Ergebnisse der Nominal Group Technique

Die Tabelle 2 veranschaulicht die Ergebnisse der NGT. Bei den aufgelisteten Faktoren handelt es sich um die Prioritäten der Stakeholder, welche durch die Experten des Workshops erarbeitet wurden. Der erste Aspekt stellt den höchstpriorisierten Faktor des Stakeholders dar. Die Priorität wird absteigend immer geringer.

Am wichtigsten ist den Experten in der Rolle des Endverbrauchers ein gut ausgebauter öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV). Die Sicherheit für Personen und den Verkehr sowie eine große Produktvielfalt in den örtlichen Supermärkten sind außerdem Beispiele für gewählte Prioritäten der Workshop-Teilnehmer. Der Aspekt ÖPNV wurde ebenfalls in der Priorisierung der Einzelhändler aufgenommen. Für die Händler sind eine schnelle und einfache Erreichbarkeit für Kunden von Vorteil. Die Kundenattraktivität ist im Vergleich zu dem ÖPNV mit einer deutlich höheren Priorität bewertet. Des Weiteren ist es für die Einzelhandel- und Industrieunternehmen von Vorteil, wenn zuverlässige, sichere Transporte und ausreichende Zonen für die Be- und Entladung gewährleistet werden können. In der Rolle der Transportunternehmen wurde der Faktor „Geringe Kosten“ am stärksten gewichtet. Darauf folgt der Aspekt „Schneller Transport“. Die Nachhaltigkeit der Transporte, die Konkurrenzfähigkeit der einzelnen Transportunternehmen sowie die volle Ausschöpfung der Kapazitäten decken die mittlere Priorität ab. Für

die Kommunen hat eine gut ausgebaute Infrastruktur die höchste Gewichtung. Außerdem ist die Attraktivität der Stadt als Industriestandort ein wichtiger Faktor. Sowohl die Vermeidung von Staus, eine hohe Sicherheit für Bewohner, Arbeiter und Touristen als auch ein geringer Schadstoffausstoß ist für die Kommunen von mittlerer Bedeutung.

Tabelle 2: Ergebnisse der NGT (eigene Darstellung)

Endverbraucher	Transportunternehmen
<ul style="list-style-type: none"> • ÖPNV • Sicherheit für Personen und Verkehr / Fahrradfreundlichkeit • Supermärkte mit Produktvielfalt / Arbeitsmöglichkeiten • Ausreichende, günstige Wohnflächen • Ausgewogenes Freizeitangebot / Bildung / Grünflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Kosten • Schneller Transport • Nachhaltiger Transport / Konkurrenzfähigkeit / maximale Nutzung der Kapazitäten • Sicherheit der Ladung • Straßenqualität (Breite, keine Straßenschäden)
Einzelhandel / Industrie	Kommunen
<ul style="list-style-type: none"> • Kundenattraktivität • Verkehrsanbindungen für Lieferfahrzeuge • Zuverlässige, sichere Transporte • Ausreichende Ladezonen • ÖPNV / Nähe zu Flughäfen / GVZ 	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastruktur • Attraktiv als Industriestandort / Anbindung zur Autobahn und Schiene • Stauvermeidung • Hohe Sicherheit / geringer Schadstoffausstoß • Zufriedenheit der Bürger

Auffällig ist, dass die Sicherheit für alle fünf Stakeholder relevant ist. Für die Endverbraucher ist die persönliche Sicherheit am wichtigsten. Im Gegensatz dazu steht für die Transport-, Einzelhandels- und Industrieunternehmen die Sicherheit der Waren im Vordergrund. Das Sicherheitsziel der Kommunen umfasst beide Bereiche.

Außerdem ist zu erwähnen, dass der Einzelhandel und die Industrie als Schnittstellen zwischen den einzelnen Stakeholdern fungieren. Die Kundenattraktivität und der ÖPNV zielt auf den Endverbraucher aber auch auf die Kommunen ab. Attraktive Innenstädte sind für die Zufriedenheit der Bürger von großer Bedeutung. Für die Transportunternehmen sind eine gute Verkehrsanbindung und ausreichend verfügbare Ladezonen wichtig. Somit können zuverlässige und sichere Transporte gewährleistet werden.

5 City-Logistik-Konzepte und Stakeholder

5.1 Gegenüberstellung der City-Logistik-Konzepte

Tabelle 3 zeigt eine Gegenüberstellung der CL-Konzepte, die im Rahmen des Kapitels 4.1 herausgearbeitet wurden. Die Konzepte werden anhand von vier Kriterien miteinander verglichen. Dazu erfolgt eine Kurzbeschreibung der einzelnen Konzepte. Daneben werden die notwendigen Voraussetzungen für die Implementierung der Konzepte und deren Auswirkungen auf die Städte und die betroffenen Stakeholder dargestellt.

Tabelle 3: Gegenüberstellung verschiedener City-Logistik-Konzepte

City-Logistik-Konzepte	Kurzbeschreibung	Voraussetzungen	Auswirkungen	Betroffene Stakeholder
Nachtexpresse	Auslieferung von Waren in der Nacht	<ul style="list-style-type: none"> - Lärmreduzierte Fahrzeuge - Scanner für Lieferrungsnachweis - Personal für Nachtschicht 	<ul style="list-style-type: none"> - Geringeres Lieferverkehrsaufkommen am Tag 	<ul style="list-style-type: none"> - Transporteure - Endverbraucher - Industrie / Einzelhandel
Nutzung des ÖPNV für den Güterverkehr	Transport von Waren über Straßenbahnen	<ul style="list-style-type: none"> - Spezielle Wagons - Mikrodepots - Schienennetz - Personal für Be- und Entladung 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduziertes Verkehrsaufkommen - Verlagerung des Güterverkehrs 	<ul style="list-style-type: none"> - Transporteure - Endverbraucher - Industrie / Einzelhandel - Kommune
Lieferoptionen	Individualisierung von Lieferzeit und Lieferort	<ul style="list-style-type: none"> - Paketstationen - Kommunikation zwischen Transportunternehmen und Endverbraucher 	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeidung von Mehrfahrten 	<ul style="list-style-type: none"> - Transporteure - Endverbraucher
Crowd-Delivery	Nutzung der Kapazitäten des Privatverkehrs für Warenlieferung	<ul style="list-style-type: none"> - Kommunikationsplattform für Absender und Privatzusteller 	<ul style="list-style-type: none"> - Entlastung der Straßen - Ausschöpfung ungenutzter Kapazitäten 	<ul style="list-style-type: none"> - Transporteure - Endverbraucher
Ampelsteuerung	Flexible Anpassung der Ampelschaltung an den Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> - Traffic Network Study Tool zur Synchronisation - Verarbeitung von Echtzeitdaten 	<ul style="list-style-type: none"> - Fließender Verkehr wird gefördert - Emissionsreduzierung 	<ul style="list-style-type: none"> - Transporteure - Endverbraucher - Kommune
LED-Signale	Datenaustausch zwischen Signalgeräten und Fahrzeugen für bessere Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> - Leuchtioden mit Datenübermittlungsfunktion - Empfängersystem für Fahrzeuge 	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung der Verkehrssicherheit - Stauvermeidung 	<ul style="list-style-type: none"> - Transporteure - Endverbraucher

5.2 Auswirkungen der City-Logistik-Konzepte auf Ziele der Stakeholder

Auch ein technologisch einwandfreies Konzept zur Effizienzsteigerung in Innenstädten ist zum Scheitern verurteilt, wenn die Nutzer die Technologien nicht akzeptieren (De Angelis et al., 2019, S. 119; van der Laan et al., 1997, S. 1). Einer der Haupterfolgskriterien von City-Logistik-Konzepten ist die Integration der betroffenen Stakeholder in Planung, Umsetzung und Kontrolle der Konzepte (Kiba-Janiak, 2016, S. 567). In der Folge werden die Auswirkungen der City-Logistik-Konzepte auf die Ziele der Stakeholder (Endverbraucher, Transportunternehmen, Einzelhandel/Industrie und Kommunen) untersucht.

Nachtexpresse

Durch die Verlagerung der Warenlieferung vom Tag in die Nacht können die Transportunternehmen die freien Straßen ausnutzen. Somit kann die Zustellzeit verringert und das Stakeholder-Ziel eines schnellen Transports realisiert werden (vgl. Tabelle 2). Das geringere Verkehrsaufkommen in der Nacht führt zu einem gleichmäßigeren Verkehrsfluss. Die Anzahl von Brems- und Beschleunigungsvorgängen wird reduziert, sodass das Ziel der Transportunternehmen eines ökonomisch und ökologisch effizienteren Transports realisiert werden kann (vgl. Tabelle 2). Durch Nachtlieferungen für einen Supermarkt in Großbritannien konnten beispielsweise bis zu 60 Minuten Zeit pro Fahrt und 68 Tonnen CO₂ pro Jahr eingespart werden (vgl. De Oliveira und De Oliveira, 2016, S. 344). Da die Auslastung der Ladezonen bei Nacht geringer ist, können die Lieferfahrzeuge schneller be- und entladen werden. Ein Nachteil für Transportunternehmen besteht in der kostenintensiven Anschaffung lärmreduzierter LKW und Maschinen. Zudem muss zusätzliches Personal für die Nachtschichten bereitstehen (vgl. Lehman, 2015, S. 19). Für die Endverbraucher ergibt sich durch die Nachtexpresse der Vorteil eines geringeren Verkehrsaufkommens am Tag. Dieser Vorteil entspricht dem Ziel der Fahrradfreundlichkeit (vgl. Tabelle 2). Ein geringeres Güterverkehrsaufkommen in Form von Transportfahrzeugen erhöht die Sicherheit für Fußgänger und Radfahrer. Trotz der lärmreduzierten LKW und Maschinen führt das steigende Verkehrsaufkommen in der Nacht zu erhöhten Lärmbelastungen für die Anwohner. Durch das geringere Verkehrsaufkommen sinkt die Wahrscheinlichkeit von Verzögerungen, die aufgrund von Staus oder Unfällen hervorgerufen werden. Die Nachtexpresse gewährleisten somit eine schnellere und zuverlässigere Anlieferung der Waren für Industrie- und Einzelhandelsunternehmen. Ein Nachteil für Industrie- und Einzelhandelsunternehmen besteht in der Entgegennahme der Lieferungen, da die Empfangsstationen mit zusätzlichen Mitarbeitern besetzt werden müssen.

Nutzung des ÖPNV für den Güterverkehr

Die Nutzung des Straßenbahnnetzes für den Versandhandel hat eine Entlastung der Straßen zur Folge. Die daraus resultierenden Treibstoffeinsparungen der Transportunternehmen führen auch bei diesem Konzept zu einem ökonomischeren und ökologischeren Transport (vgl. Tabelle 2). Durch das geringe Unfallrisiko von Straßenbahnen werden die Transporte sicherer. Von 2005 bis 2009 waren durchschnittlich 400.562 Personen an Unfällen im Straßenverkehr

beteiligt. Im Vergleich dazu waren bei der Nutzung der Straßenbahnen nur 1.316 Personen involviert (vgl. Vorndran, 2010, S. 1086). Da die Straßenbahn an das Schienennetz gebunden ist und der Endverbraucher nicht individuell beliefert werden kann, muss die Ware auf zentralen Plätzen umgeschlagen werden. Die Lieferung zum Endverbraucher kann nur gewährleistet werden, wenn eine Neuregelung zur Lieferung auf der letzten Meile eingeführt wird (vgl. DVZ, 2018b, o.S.). Dadurch erhöhen sich die Kosten für die Transportdienstleister (vgl. Tabelle 2). Aufgrund des veränderten Verkehrsträgers wird der Marktanteil der Transportunternehmen verringert. Dies stellt eine potentielle Gefahr für das Geschäftsmodell des genannten Stakeholders dar. Damit besteht ein Interessenskonflikt zwischen den Transportunternehmen und den Kommunen und Endverbrauchern. Die Endverbraucher profitieren von dem reduzierten Verkehrsaufkommen auf der Straße. Weniger Fahrzeuge führen zu einem geringeren Unfallrisiko und erhöhen sowohl die Verkehrssicherheit als auch die Fahrradfreundlichkeit. Für die Industrie und den Einzelhandel bieten die Warentransporte per Straßenbahn eine direkte Anlieferung ohne Verzögerungen durch Stau. Somit wird eine weitere Verkehrsanbindung geschaffen. Einen weiteren Vorteil bieten die regelmäßigen Lieferzeiten, da Ankunfts- und Abfahrtszeiten vorausschauend geplant werden können. Das geringe Unfallrisiko der Straßenbahnen erhöht die Transportsicherheit, welches für Industrie und Einzelhandel von hoher Bedeutung ist (vgl. Tabelle 2). Da für die Industrieunternehmen eine gute Verkehrsanbindung für die Wahl ihres Produktionsstandortes relevant ist, gewinnen Kommunen durch die Bereitstellung unterschiedlicher Verkehrsträger an Attraktivität (vgl. Tabelle 2). Die Nutzung des ÖPNV für den Güterverkehr ist nur sinnvoll, wenn in der Stadt ein Schienennetz vorhanden ist. Der Umbau der Infrastruktur ist ein langwieriger Prozess, der mit hohen Investitionen verbunden ist. In Kopenhagen wird beispielsweise über geplante sieben Jahre ein 15,5 km langes Schienennetz in der Innenstadt gebaut, wobei mit Kosten von 3 Milliarden Euro gerechnet wird (vgl. NahverkehrHAMBURG, 2018, o.S.).

Lieferoptionen

Mehrfache Zustellungsversuche der Transportunternehmen können mithilfe von Absprachen mit den Endverbrauchern reduziert werden. Damit bieten Lieferoptionen eine Möglichkeit für Transportunternehmen Kosten zu sparen (vgl. Tabelle 2). Die Zustellung von Paketen an Sammelstellen verringert den Zustellungsaufwand für Paketdienstleister. Die Bündelung und Bereitstellung der Sendungen in Paketstationen sorgen zusätzlich für nachhaltigere Transporte aufgrund verringerter individueller Zustellungen (vgl. Lehmacher, 2015, S. 23-24). Die Ziele der Endverbraucher und der Transportunternehmen stehen in einem Konflikt. Die gewünschte Flexibilität der Endverbraucher erhöht den Aufwand der Routen- und Zustellplanung der Paketdienstleister. Die Transportunternehmen sind somit an Absprachen gebunden und können ihre Fahrten nicht flexibel gestalten. Die Endverbraucher erhalten die Möglichkeit, Lieferzeit und -ort an ihren persönlichen Tagesablauf anzupassen.

Crowd-Delivery

Aufgrund der Umverteilung der Paketzustellungen auf die Endverbraucher als Privatzusteller findet einerseits eine Entlastung der Transporteure statt. Andererseits führen Crowd-Delivery-Konzepte zu einer Verringerung des Auftragsvolumens von Transportunternehmen und damit auch der Einnahmen. Dies führt dazu, dass das Ziel einer maximalen Nutzung der Kapazitäten der Transportunternehmen nicht erfüllt werden kann (vgl. Tabelle 2). Die Übernahme der Zustellungen durch Privatpersonen reduziert das Güterverkehrsaufkommen und entlastet die Straßen. Zustellende Privatpersonen haben die Möglichkeit ihre Fahrtkosten mithilfe vergüteter Zustellungen zu kompensieren (vgl. Meyer, 2018, o.S.). Crowd-Delivery birgt das Risiko, dass Endverbraucher das Konzept als feste Einnahmequelle wahrnehmen. Anstatt vorhandene Verkehrsströme zu nutzen, wird das Verkehrsaufkommen zusätzlich durch unkoordinierte Zustellung von Privatpersonen erhöht (vgl. Hackmann, 2018, o.S.).

Die Aufgaben von Kommunen werden in unterschiedliche Kategorien aufgeteilt. Ein Aufgabenbereich bilden sogenannte pflichtige Selbstverwaltungsaufgaben. Dabei werden die Aufgaben vom Staat vorgegeben, die Art und Weise der Umsetzung bleibt den Kommunen überlassen (vgl. Pöttsch, 2009, o.S.). Beispiele für diese Aufgaben sind die Schaffung eines attraktiven Industriestandortes und Maßnahmen zur Stauvermeidung. Hierbei spielt die Gestaltung der Infrastruktur eine wichtige Rolle. Die Bereitstellung des ÖPNV für den Güterverkehr bietet eine Möglichkeit, die Attraktivität eines Industriestandorts zu erhöhen. Gleichzeitig werden die Straßen entlastet und der Schadstoffausstoß verringert, welches ein weiteres Ziel der Kommunen darstellt (vgl. Tabelle 2). Um die Zufriedenheit und Sicherheit der Bewohner zu erhöhen, können die Kommunen mittels verkehrsleitender Systeme zu diesen Zielen beitragen. Kommunen können durch die Optimierung des Verkehrsflusses, zur Erreichung entsprechender Stakeholder-Ziele beitragen.

5.3 Implikationen für die Wahl von City-Logistik-Konzepten

In den beiden Kapiteln 5.1 und 5.2 sind die Auswirkungen unterschiedlicher CL-Konzepte auf die Stakeholder in Innenstädten dargestellt. Auf dieser Grundlage werden im Folgenden die gewonnen Erkenntnisse dazu genutzt, Rückschlüsse für die Umsetzung von CL-Konzepten zu treffen. Dafür wird ein Leitfaden aufgezeigt, der unter Berücksichtigung der ortsansässigen Stakeholder die Durchführung von CL-Konzepten definiert. Rubini und Della Lucia (2018, S. 259) haben einen vergleichbaren Leitfaden für die Implementierung von Sustainable Urban Logistics Plans (SULPs) entwickelt. Tabelle 4 zeigt eine angepasste Darstellung dieses Leitfadens auf die Anforderungen von CL-Konzepten.

Tabelle 4: Leitfaden zur Umsetzung von City-Logistik-Konzepten (in Anlehnung an Rubini und Della Lucia, 2018, S. 259)

Schritt	Beschreibung
1	Entwurf eines City-Logistik-Konzepts
2	Analyse konzeptioneller Probleme
3	Festlegung der Ziele und Voraussetzungen des Konzeptes
4	Identifikation der betroffenen Stakeholder
5	Priorisierung der Stakeholder
6	Einbindung ausgewählter Stakeholder

Im ersten Schritt werden bestehende Ideen zur Optimierung innerstädtischer Probleme gesammelt und gefiltert. Darauf aufbauend erfolgt eine Entwicklung von Optimierungsstrategien und -konzepten. Diese Konzepte werden kritisch analysiert und hinterfragt. Somit können vorab strategische, thematische und räumliche Probleme identifiziert werden (vgl. Rubini und Della Lucia, 2018, S. 259). Im Anschluss werden die Vorteile der einzelnen CL-Konzepte auf Basis der lokalen Gegebenheiten untersucht. Schritt 4 dient der Identifikation der betroffenen Stakeholder mit dem Ziel der Erstellung einer Tabelle zur Übersicht der Stakeholder (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Beispielhafte Darstellung der Übersichtstabelle für die Stakeholder (eigene Darstellung)

Name	Stakeholder	Ziele	Einschätzung	Kontakt
Müller, Maximilian	Endverbraucher	<ul style="list-style-type: none"> • ÖPNV • Sicherheit für Personen und Verkehr • günstige Wohnflächen • etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Auswirkungen auf die Umsetzung des Projektes • Kooperationsbereitschaft 	mail@maximilian-mueller.de
...

Die Tabelle enthält den Namen des Stakeholders, eine Einteilung des Stakeholders in eine der Stakeholdergruppen (Endverbraucher, Kommune, Einzelhandels- bzw. Industrieunternehmen und Transportunternehmen) und eine Einschätzung zur Vereinbarkeit der Ziele des Stakeholders mit den jeweiligen City-Logistik-Konzepten (vgl. Rubini und Della Lucia, 2018, S. 259). Darüber hinaus ist eine qualitative Beschreibung der einzelnen Stakeholdergruppen erforderlich, darin werden Interessen, Ziele und Erwartungen der Stakeholder aufgezeigt. Sobald alle betroffenen Stakeholder identifiziert sind, ist es wichtig, den Fokus auf die relevantesten Stakeholder zu legen (vgl. Bourne, 2016, S. 433). Die Einbindung aller Stakeholder ist aufgrund begrenzter Ressourcen nicht möglich. Daher werden kritische Bereiche identifiziert und die Priorisierung der Stakeholder dahingehend ausgerichtet (vgl. Erkul et al., 2016, S. 706). Durch diese Eingrenzung kann sichergestellt werden, dass Zeit, Ressourcen und Erwartungen im

Einklang sind (vgl. Rubini und Della Lucia, 2018, S. 259). Wichtige Faktoren zur Eingrenzung der Stakeholder sind:

- Einfluss der Stakeholder auf den Entscheidungsprozess
- Einfluss des Konzeptes auf das Handeln des Stakeholders
- Fähigkeit und Bereitschaft der Stakeholder sich einzubinden

Um die Interessen der relevanten Stakeholder im Entscheidungsprozess zu berücksichtigen, werden ausgewählte Stakeholder in die Planung integriert (vgl. Rubini und Della Lucia, 2018, S. 259-260). Es ist zu erwarten, dass eine konsequente Umsetzung des beschriebenen Leitfadens den Einsatz von CL-Konzepten erleichtert. Auf dieser Basis können Interessenskonflikte zwischen einzelnen Stakeholdern und zwischen Stakeholdern und dem jeweiligen Konzept eingeplant werden (vgl. Zhang et al., 2015, S. 73). Mögliche Problemstellen werden frühzeitig erkannt und effektive Gegenmaßnahmen können entwickelt werden. Der Leitfaden führt somit zu einer effizienten Planung und Umsetzung von CL-Konzepten (vgl. Rubini und Della Lucia, 2018, S. 260).

6 Schlussbetrachtung

Beantwortung der Forschungsfragen

Im Folgenden findet eine abschließende Betrachtung der erarbeiteten Ergebnisse statt. Die zugrundeliegenden Forschungsfragen werden beantwortet und auf Basis der Limitationen wird ein Ausblick für weitere Forschungsmöglichkeiten gegeben. Der thematische Schwerpunkt dieser Arbeit liegt im Bereich der Intelligent Transport Systems (ITS) im Straßengüterverkehr. Zu Beginn wurde daher die folgende Forschungsfrage gestellt:

Wie kann mithilfe von ITS der Straßengüterverkehr effizienter gestaltet werden?

Zur Beantwortung dieser Frage wurden Traffic-Management-Konzepte und Faktoren für eine effiziente Umsetzung im urbanen Raum herausgearbeitet. Diese zeigen Alternativen und Entwicklungspotentiale bestehender Verkehrsstrukturen auf. Strukturell sind hierbei Konzepte der Verkehrsleitung und der Verkehrsvermeidung zu unterscheiden. Zur Erreichung des übergeordneten Ziels ist es notwendig, diese beiden Ansätze miteinander zu kombinieren. Zu den Ansätzen der Verkehrsleitung zählen unter anderem intelligente Lichtsignalanlagensteuerung und Fahrzeugassistenzsysteme. Auf der Grundlage von Echtzeitdaten werden Informationen ausgetauscht, um das vorhandene Verkehrsaufkommen möglichst effizient zu steuern. Somit können die Systeme flexibel und individuell auf das jeweilige Verkehrsaufkommen reagieren. Einer der wichtigsten Einflussfaktoren für den Einsatz solcher Verkehrsleitsysteme ist technologischer Fortschritt. Die Bereitstellung qualitativ hochwertiger Daten ist für den Informationsfluss von großer Bedeutung. Verkehrsdaten müssen gesammelt, ausgewertet und miteinander verknüpft werden, um eine Verbesserung des innerstädtischen Verkehrs zu erreichen. Zu beachten ist, dass durch die Effizienzsteigerung des innerstädtischen Verkehrs auch eine höhere Verkehrsnachfrage möglich wird. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit des Einsatzes verkehrsvermeidender bzw. -verlagernder Maßnahmen. Hierzu zählen beispielsweise die Nutzung des ÖPNV für den Güterverkehr, Nachtexpresse oder Crowd-Delivery. CL-Konzepte tragen zu einer effizienteren Gestaltung des innerstädtischen Güterverkehrs bei. Durch die unterschiedlichen Konzepte kann der Verkehr sowohl verflüssigt als auch verringert werden. Dadurch wird das Straßennetz entlastet und Kosten-, Kraftstoff-, Schadstoff- sowie Zeiteinsparungen sind die Folge.

Der weitere Projektverlauf hat die zentrale Rolle der Stakeholder bei der Planung und Umsetzung von CL-Konzepten verdeutlicht. Daraus ergab sich eine weitere Forschungsfrage:

Inwiefern beeinflussen die Stakeholder die Wahl von City-Logistik-Konzepten?

CL-Konzepte sind eine Möglichkeit, urbane Regionen nachhaltiger zu gestalten. Dadurch soll ein Ausgleich zwischen Ökonomie, Ökologie und Sozialem geschaffen werden. Bei der Betrachtung der Stakeholder werden insbesondere die sozialen Aspekte von CL-Konzepten berücksichtigt (vgl. Nathanail et al., 2017, S. 1043). Im Rahmen der Projektarbeit wurden folgende Stakeholder identifiziert: Transportunternehmen, Endverbraucher, Einzelhandels- und

Industrieunternehmen und Kommunen. Alle Stakeholder verfolgen eigene Interessen, welche sich in ihrem Handeln widerspiegeln. Der Einsatz von CL-Konzepten hat direkte Auswirkungen auf die Stakeholder. Diese Auswirkungen variieren dabei in der Intensität. Daraus können sich Konflikte zwischen den Zielen der CL-Konzepte und den Zielen der Stakeholder ergeben. Es ist sowohl mit Zuspruch als auch mit Gegenwehr zu rechnen. Damit die Konzepte langfristig erfolgreich sind, muss der Widerstand minimiert werden. Dies kann erreicht werden, indem die wichtigsten Stakeholder in die Umsetzung der Konzepte integriert werden. Um auf dieser Basis die CL-Konzepte einzusetzen, wurde ein Leitfaden zur Umsetzung erstellt, der die Interessenskonflikte der Stakeholder berücksichtigt.

Limitationen und Ausblick

Die vorliegende Arbeit basiert zum einen auf den sekundären Daten der Literaturrecherche und zum anderen auf den Ergebnissen der Nominal Group Technique (NGT). Auf Basis der NGT wurden die Einschätzungen einer einzelnen Gruppe von Experten repräsentativ für alle Stakeholder verwendet. Die NGT wurde dabei im Rahmen eines Workshops mit Experten für ITS durchgeführt. Somit basieren die erarbeiteten Stakeholder-Ziele auf den Einschätzungen einer ausgewählten Expertengruppe. Obwohl die Auswahl der Experten begründet ist, ist die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse aufgrund des Umfangs der Datenerhebung limitiert. In weiteren Forschungsarbeiten können daher umfangreichere Befragungen der einzelnen Stakeholder durchgeführt werden. Dabei ist zu erwarten, dass Abweichungen zwischen den tatsächlichen Zielen der Stakeholder und den Einschätzungen der Experten bestehen. Der vorgestellte Leitfaden (Tabelle 4) stellt eine Qualitative Methode zur Beachtung der Stakeholder-Ziele bei der Planung von CL-Konzepten dar. Allerdings bleiben finanzielle Effekte bei der Umsetzung von CL-Konzepten unberücksichtigt. Es kann untersucht werden, ob Synergieeffekte zu anderen Bereichen bestehen, zusätzliche Kosten zu erwarten sind und ob eine Möglichkeit besteht, Kosten einzusparen.

Ein großes Problem zahlreicher CL-Konzepte besteht in der Übertragbarkeit auf andere Städte. Die Konzepte sind auf die lokalen Begebenheiten spezialisiert, somit ist die Umsetzung von CL-Konzepten oftmals nur mit einem großen planerischen Aufwand zu realisieren. Für eine effiziente Umsetzung der CL-Konzepte erscheint es daher sinnvoll, ein System zu entwickeln, dass die Voraussetzungen der jeweiligen Stadt mit möglichen CL-Konzepten abgleicht. Dadurch entsteht eine Art Baukasten-System, mit dessen Hilfe die Ziele und Voraussetzungen der Städte in Einklang gebracht werden können. Einen zentralen Bereich eines solchen Systems stellen die innerstädtischen Stakeholder dar.

Literaturverzeichnis

- ADAC, 2018. ADAC Info – Fahrerassistenzsysteme. Online available at: <https://www.adac.de/infotestrat/technik-und-zubehoer/fahrerassistenzsysteme/grundlagen/default.aspx> (Accessed: 07.11.2018 [MEZ] 11:11).
- Allen, J., Thorne, G., Browne, M., 2007. Best Urban Freight Solutions. Praxisleitfaden für den städtischen Güterverkehr. Online available at: http://www.bestufs.net/download/BESTUFS_II/good_practice/German_BESTUFS_Guide.pdf (Accessed: 09.03.2019 [MEZ] 13:00)
- Almejalli, K., Dahal, K., Hossain, A., 2009. An intelligent multi-agent approach for road traffic management systems, 2009 IEEE International Conference on Control Applications. IEEE, Saint Petersburg. <https://doi.org/10.1109/CCA.2009.5280966>
- Amaral, R.R., Aghezzaf, E.-H., 2015. City Logistics and Traffic Management: Modelling the Inner and Outer Urban Transport Flows in a Two-tiered System. Transportation Research Procedia 6, 297–312. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.03.023>
- Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H., Furmans, K., 2008. Handbuch Logistik, 3. ed, VDI-Buch. Springer, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72929-7>
- Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation 2016. Online available at: <https://www.hamburg.de/contentblob/5934418/2afc89cd64f950803e25689ad3e5db87/data/its-strategie-fuer-hamburg.pdf> (Accessed: 03.11.2018 [MEZ] 11:52).
- Berg, C., 1999. Verkehr und Logistik. City-Logistik - Das Münchner Modell. ILV - Institut für Logistik und Verkehrsmanagement GmbH Ottobrunn. Online available at: www.ilv.de/fileadmin/pdf/CITYLOG.pdf (Accessed: 03.11.2018 [MEZ] 14:54)
- Bitkom e.V., 2018. Online-Shopping - Häufigkeit in Deutschland 2017 | Umfrage. Online available at: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/190307/umfrage/haeufigkeit-von-onlinekauf/> (Accessed: 03.11.2018 [MEZ] 17:00).
- Bitkom e.V., 2017. Online-Shopping - Vorteile gegenüber dem Einkauf im stationären Handel 2017. Online available at: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/727078/umfrage/online-shopping-vs-einkauf-im-stationaeren-handel-in-deutschland/> (Accessed: 03.11.2018 [MEZ] 16:23).
- Bourne, L., 2016. Targeted communication: the key to effective stakeholder engagement. In: Procedia - Social and Behavioral Sciences, 226 (2016), 431–438. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.208>
- Bratzel, S., Teller mann, R., 2008. Mobilität und Verkehr | bpb. Online available at: <http://www.bpb.de/izpb/9005/mobilitaet-und-verkehr> (Accessed: 03.11.2018 [MEZ] 10:37).

-
- Bundesministerium für Umwelt, 2017. Verkehr und Umwelt – Worum geht es?. Online available at: <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/kurzinfo/#c20054> (Accessed: 16.01.2019 [MEZ] 15:37).
- Chen, C., Pan, S., 2015. Using the Crowd of Taxis to Last Mile Delivery in E-commerce: a Methodological Research. In: Borangiu T., Trentesaux D., Thomas A., McFarlane D. Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing. Studies in Computational Intelligence, Vol. 640. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30337-6_6
- Claxton, J.D., Ritchie, J.R.B., Zaichkowsky, J., 1980. The Nominal Group Technique: Its Potential for Consumer Research. J. Consum. Res. 7, 308–313. <https://doi.org/10.1086/208818>
- Costa, B.C., Almeida, P.E.M., Caldeira, E., 2011. Traffic lights timing inside microregion simulator using multiobjective optimization, in: 2011 IEEE Congress of Evolutionary Computation (CEC). IEEE, pp. 1382–1387. <https://doi.org/10.1109/CEC.2011.5949777>
- Dabidian, P., Langkau, S., 2013. Straßengüterverkehr Straßengüterverkehr, in: Verkehrs- und Transportlogistik. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S. 137–159. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34299-1_11
- De Angelis, M., Stuiver, A., Fraboni, F., Prati, G., Puchades, V., Fassina, F., de Waard, D., Petrantoni, L., 2019. Green wave for Cyclists: Users’ perception and preferences. In: Applied Ergonomics, 76, 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.12.008>
- De Oliveira, D., Bazzan, A.L.C., 2006. Emergence of Traffic Lights Synchronization. Online available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.154.5035&rep=rep1&type=pdf> (Accessed: 09.03.2019 [MEZ] 12:30)
- De Oliveira, G., De Oliveira, L., 2016. Stakeholder’s perceptions of city logistics: An exploratory study in Brazil. In: Transportation Research Procedia, 12, 339–374. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.070>
- Delbecq, A.L., Van de Ven, A.H., 1971. A Group Process Model for Problem Identification and Program Planning. J. Appl. Behav. Sci. 7, 466–492. <https://doi.org/10.1177/002188637100700404>
- DVZ, 2018a. Frankfurt testet die “Logistiktram”. In: DVZ Deutsche Verkehrs-Zeitung. Online available at: https://www.wiso-net.de/document/DVZO__146966-20962 (Accessed: 29.01.2019 [MEZ] 13:21).
- DVZ, 2018b. Neuer Nachtexpress Moon startet. DVZ Dtsch. Verkehrs-Zeitung. Online available at: https://www.wiso-net.de/document/DVZ__15234150 (Accessed: 19.12.2018 [MEZ] 13:28).
- Dorda, A., 2010. Nationaler Einführungsplan Elektromobilität Österreich. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Online available at: https://www.energy-agency.at/fileadmin/dam/pdf/veranstaltungen/Session_4_03_DORDA.pdf (Accessed: 16.01.2019 [MEZ] 15:00).

- Egger, D., Ruesch, M., 2003. Best Urban Freight Solutions. Deliverable D2.3. Best Practice Handbook Year 3 (2002) - Road Pricing and urban freight transport. Online available at: http://www.bestufs.net/download/BESTUFS_I/best_practice/BESTUFS_I_Results_Best_Practice_year3.pdf (Accessed: 09.03.2019 [MEZ] 12:00)
- Enorm Magazin, 2018. Smarter Zebrastreifen: Der Starling-Crossing passt sich an. Online available at: <https://enorm-magazin.de/dieser-zebrastreifen-passt-sich> (Accessed: 17.12.2018 [MEZ] 17:07 Uhr).
- Elbert, B.R., 2008. Introduction to Satellite Communication: EBSCOhost, 3. Auflage, Boston.
- Erd, J., 2015. Stand und Entwicklung von Konzepten zur City-Logistik. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-09139-2>
- Erkul, M., Yitmen, I., Çelik, T., 2016. Stakeholder Engagement in Mega Transport Infrastructure Projects. In: *Procedia Engineering*, 161 (2016), 704–710. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.745>
- Flügge, B. (Hrsg.), 2016. Smart Mobility. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-14371-8>
- Fraunhofer, 2015. No Title. Online available at: <http://www.ict-smart-cities-center.com/expertise/smart-mobility-services/> (Accessed: 03.11.2018 [MEZ] 09:42).
- Fujii, H., Uchida, H., Yoshimura, S., 2017. Agent-based simulation framework for mixed traffic of cars, pedestrians and trams. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 85, 234–248. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.09.018>
- Gabler Wirtschaftslexikon, 2019a. Definition Verkehrsinfrastruktur. Online available at: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/verkehrsinfrastruktur-48660> (Accessed: 20.01.2019 [MEZ] 17:00).
- Gabler Wirtschaftslexikon, 2019b. Definition Verkehrsmittel. Online available at: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/verkehrsmittel-48898> (Accessed: 20.01.2019 [MEZ] 17:02).
- Giannopoulos, G., 2004. The application of information and communication technologies in transport. *Eur. J. Oper. Res.* 152, 302–320. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00026-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00026-2)
- Giannopoulos, G.A., Mitsakis, E., Salanova, J.P., Dilara, P., Bonnel, P., Punzo, V., 2012. Overview of Intelligent Transport Systems (ITS) developments in and across transport modes. <https://doi.org/10.2788/12881>
- Grote, M., Williams, I., Preston, J., Kemp, S., 2018. A practical model for predicting road traffic carbon dioxide emissions using Inductive Loop Detector data. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 63, 809–825. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2018.06.026>

-
- Haas, H.-D., o. J. Definition »Urbanisierung« im Gabler Wirtschaftslexikon. Online available at: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/urbanisierung-48268> (Accessed: 03.11.2018 [MEZ] 10:32).
- Hackmann, M., 2018. Transport ist abgeleitete Nachfrage. In: Handelsjournal Nr. 12. Online available at: https://www.wiso-net.de/document/HDJ__121814026 (Accessed: 25.01.2019 [MEZ] 11:40).
- Heiermann, M., 2018. Lebensmittel-Praxis: für Macher, Markt und Management., Lebensmittel Praxis. LPV-Lebensmittel-Praxis-Verl.-Neuwied-GmbH.
- Kiba-Janiak, M., 2016. Key Success Factors for City Logistics from the Perspective of Various Groups of Stakeholders. In: Transportation Research Procedia, Tenth International Conference on City Logistics, 17-19 June 2015, Tenerife, Spain, 12, 557-569. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.011>
- Kirchhoff, P., 2002. Städtische Verkehrsplanung: Konzepte, Verfahren, Maßnahmen - Peter Kirchhoff - Google Books. B.G. Teubner, Stuttgart.
- Lämmer, S., Helbing, D., 2008. Self-control of traffic lights and vehicle flows in urban road networks. In: Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment. 2008 (04) P04019. <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/04/P04019>
- Lee, W.-H., Tseng, S.-S., Shieh, W.-Y., 2010. Collaborative real-time traffic information generation and sharing framework for the intelligent transportation system. Inf. Sci. (Ny). 180, 62–70. <https://doi.org/10.1016/J.INS.2009.09.004>
- Lehmacher, W., 2015. Logistik im Zeichen der Urbanisierung, essentials. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-07774-7>
- Maar, J., Ternès, A., 2018. Private - die Paketboten von morgen?. Online available at: https://www.verkehrsrundschau.de/fm/3576/WIW_2018.pdf (Accessed: 19.12.2018 [MEZ] 13:30 Uhr).
- Macho, A., Schlesiger, C., 2018. Paketdienst Hermes – ‚Klares Ziel ist, dass die Zustellung an der Haustür teurer wird‘. Online available at: https://www.wiso-net.de/document/WWON__WW_23719568 (Accessed: 17.12.2018 [MEZ] 17:03 Uhr).
- Meimbresse, B., Sonntag, H., 2008. Logistikkonzepte in Metropolen-Kleinteilige Ansätze oder der große Wurf?, Vortrag an der Technischen Universität Berlin, Fachgebiet integrierte Verkehrsplanung, Wintersemester 2007/2008.
- Meuser, M., Nagel, U., 2009. Experteninterview und der Wandel der Wissensproduktion, in: Bogner, A., Littig, B. (Eds.), Experteninterviews: Theorien, Methoden, Anwendungsfelder. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, pp. 35–60.
- Meyer, L., 2018. Der Pendler als Paketbote. In: DVZ Deutsche Verkehrs-Zeitung. Online available at: https://www.wiso-net.de/document/DVZ__13517907 (Accessed: 29.01.2019 [MEZ] 13:03).

- Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 2018. Intelligente Steuerung des Verkehrs. Online available at: http://www.vm.nrw.de/verkehr/strasse/intelligente_Verkehrssysteme/index.php (Accessed: 03.11.2018 [MEZ] 12:22).
- Müller, S., 2012. Makroskopische Verkehrsmodellierung mit der Einflussgröße Telematik. Technische Universität Berlin, Fakultät V - Verkehrs- und Maschinensysteme.
- NahverkehrHAMBURG, 2018. Straßenbahn feiert Renaissance in drei Städten in Dänemark. In: NahverkehrHAMBURG. Online available at: <https://www.nahverkehrhamburg.de/strassenbahn-feiert-renaissance-in-drei-staedten-in-daenemark-9493/> (Accessed: 24.01.2019 [MEZ] 15:03).
- Nathanail, E., Adamos, G., Gogas, M., 2017. A novel approach for assessing sustainable city logistics. In: *Transportation Research Procedia*, 25 (2017), 1036-1045. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.477>
- OECD, 2003. Organisation for Economic Co-Operation and Development, Delivering the Goods - 21st Century Challenges to Urban Goods Transport. Online available at: <https://www.itf-oecd.org/delivering-goods-21st-century-challenges-urban-goods-transport> (Accessed: 05.11.2018 [MEZ] 15:00)
- Oexler, P., 2001. Citylogistik-Dienste: Präferenzanalysen bei Citylogistik-Akteuren und Bewertung eines Pilotbetriebs dargestellt am Beispiel der dienstleistungsorientierten Citylogistik Regensburg (RegLog®). Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Peick, S., 2017. Intelligente Citylogistik und neue Mobilitätskonzepte. In: *Polis, Magazin für urban development*. Online available at: <https://polis-magazin.com/2017/10/intelligente-citylogistik-und-neue-mobilitaetskonzepte/> (Accessed: 17.01.2019 [MEZ] 12:05).
- Perallos, A., Hernandez-Jayo, U., Onieva, E., Zuazola, I.J.G., 2015. Intelligent Transport Systems: Technologies and Applications, *Intelligent Transport Systems: Technologies and Applications*. <https://doi.org/10.1002/9781118894774>
- Pop, M.-D., 2018. Traffic Lights Management Using Optimization Tool. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 238, 323–330. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2018.04.008>
- Pötzsch, H., 2009. Gemeinden. In: Bundeszentrale für politische Bildung. Online available at: <http://www.bpb.de/politik/grundfragen/deutsche-demokratie/39377/gemeinden?p=all> (Accessed: 29.01.2019 [MEZ] 13:12).
- Proff, H., Schönharting, J., Schramm, D., Ziegler, J., 2012. Zukünftige Entwicklung in der Mobilität. Gabler Verlag. Springer. Wiesbaden.
- Ramos, A., Ferreira, J., Barceló, J., 2011. Intelligent urban traffic: a guide through micro modelling approaches. In: *Proceedings of the IEEE*, 2767 – 2772.
- Rohrbaugh, J., 1981. Improving the quality of group judgment: Social judgment analysis and the nominal group technique. *Organ. Behav. Hum. Perform.* 28, 272–288. [https://doi.org/10.1016/0030-5073\(81\)90025-8](https://doi.org/10.1016/0030-5073(81)90025-8)

- Rubini, L., Della Lucia, L., 2018. Governance and the stakeholders' engagement in city logistics: the SULPiTER methodology and the Bologna application. In: *Transportation Research Procedia*, 30 (2018), 255–264. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.09.028>
- Schendzielorz, T., Krabbe, A., Offermann, F., 2016. Forschungsbericht UR:BAN – Vernetztes Verkehrssystem. Schlussbericht der Heusch /Boesefeldt GmbH.
- Schmidt, W., Borgert, S., Fleischmann, A., Heuser, L., Müller, C., Mühlhäuser, M., 2016. Digitale Mehrwertdienste in Smart Cities am Beispiel Verkehr. Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 255–274. https://doi.org/10.1007/978-3-658-15617-6_13
- Schnieder, E., 2007. Grundlegende Begriffe und Konzepte. In: *Verkehrsleittechnik*, Becker, U., VDI Buch. Springer, Berlin Heidelberg, 7-38. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-48541-4>
- smartPORT, o. D.. Smartport der intelligente Hafen. Online available at: <https://www.hamburg-port-authority.de/de/hpa-360/smartport/> (Accessed: 15.12.2018 [MEZ] 18:15 Uhr).
- Spinler, S., Winkenbach, M., 2012. City-Logistik für das 21. Jahrhundert. *Int. Verkehrswes.* 3, 28–31.
- Strauß, S., 1997. City-Logistik ein Instrument zur Verringerung des städtischen Güterverkehrs. Schriftenr. Verkehr. Papierflieger, Clausthal-Zellerfeld.
- Thong, S.T.S., Han, C.T., Rahman, T.A., 2007. Intelligent Fleet Management System with Concurrent GPS & GSM Real-Time Positioning Technology, in: 2007 7th International Conference on ITS Telecommunications. IEEE, S. 1–6. <https://doi.org/10.1109/ITST.2007.4295849>
- Turky, A.M., Ahmad, S., Zaliman, M., Yusoff, M., 2009. The Use of Genetic Algorithm for Traffic Light and Pedestrian Crossing Control, *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*.
- UN DESA, 2018. Revision of World Urbanization Prospects | Multimedia Library - United Nations Department of Economic and Social Affairs. Online Available at: <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> (Accessed: 07.11.2018 [MEZ] 14:32).
- UN DESA, 2014. In Städten lebende Bevölkerung in Deutschland und weltweit bis 2030. Online available at: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/152879/umfrage/in-staedten-lebende-bevoelkerung-in-deutschland-und-weltweit/> (Accessed: 03.11.2018 [MEZ] 19:04).
- van der Laan, J.D., Heino, A., de Waard, D., 1997. A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. In: *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 5 (1), 1–10. [https://doi.org/10.1016/S0968-090X\(96\)00025-3](https://doi.org/10.1016/S0968-090X(96)00025-3)
- Vorndran, I., 2010. Unfallstatistik – Verkehrsmittel im Risikovergleich. In: *Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik*. Online available at:

-
- https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/Verkehr/Unfallstatistik122010.pdf?__blob=publicationFile (Accessed: 24.01.2019 [MEZ] 13:44).
- Wada, M., Yendo, T., Fujii, T., Tanimoto, M., 2005. Road-to-vehicle communication using LED traffic light, in: IEEE Proceedings. Intelligent Vehicles Symposium, 2005. IEEE, pp. 601–606. <https://doi.org/10.1109/IVS.2005.1505169>
- Wiering, M., Vreeken, J., van Veenen, J., Koopman, A., o. D.. Simulation and optimization of traffic in a city, in: IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2004. IEEE, pp. 453–458. <https://doi.org/10.1109/IVS.2004.1336426>
- Wirtschaftslexikon, 2019. Definition Verkehrsobjekt. Online available at: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/verkehrsobjekt/verkehrsobjekt.html> (Accessed: 20.01.2019 [MEZ] 17:12).
- WirtschaftsWoche, 2018. So soll die Straßenbahn bald Pakete bringen. Online available at: https://www.wiso-net.de/document/WWON__WW_23078470 (Accessed: 07.12.2018 [MEZ] 14:03 Uhr).
- Yan, B., Huang, Y., 2008. Intelligence Toll Management System of Highway Traffic, in: 2008 Workshop on Power Electronics and Intelligent Transportation System. IEEE, S. 444–448. <https://doi.org/10.1109/PEITS.2008.39>
- Yang, B., Zheng, R., Kaizuka, T., Nakano, K., 2018. Analysis of Driver Behaviors while Using In-Vehicle Traffic Light with Partial Deployment of V2I Communication, in: 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). IEEE, pp. 19–24. <https://doi.org/10.1109/IVS.2018.8500424>
- Zhang, M., Janic, M., Tavasszy, L.A., 2015. A freight transport optimization model for integrated network, service, and policy design. In: Transportation Research Part E, 77 (2015), 61–76. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.02.013>

Universität Bremen
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
Lehrstuhl für ABWL und Logistikmanagement
Max-von-Laue-Straße 1
28359 Bremen

Telefon: +49 0421 218 66981
E-Mail: kotzab@uni-bremen.de
<https://www.uni-bremen.de/de/lm/>

Als wissenschaftliches elektronisches Dokument veröffentlicht in der Staats- und
Universitätsbibliothek Bremen und auf dem Lehrstuhlserver

Veröffentlicht: 2019